DIE

WIRKUNG FARBIGEN LICHTES

AUF DIE

ZERSETZUNG DER KOHLENSÄURE

IN PFLANZEN.

HABILITATIONSSCHRIFT

WELCHE MIT GENEHMIGUNG

DER PHILOSOPHISCHEN FACULTÄT ZU MARBURG

ZUR ERLANGUNG DER VENIA DOCENDI

AM 18. MÄRZ UM 11 UHR

ÖFFENTLICH VERTHEIDIGEN WIRD

WILHELM PFEFFER,

DR. PHILOS

MARBURG.

(VERLAG VON W. ENGELMANN IN LEIPZIG).

1871.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554412_0100

Literatur.

Wenngleich die Literatur über die Assimilation in farbigem Lichte bereits von Sachs [1]) zusammengestellt wurde, so dürfte doch eine nochmalige kritische Behandlung gerechtfertigt sein. Denn die zweifellos wichtigste unter allen älteren Arbeiten, die von Draper, war für Sachs nicht zugänglich und ferner sind seit dessen Bearbeitung des Gegenstandes einige weitere Publicationen erschienen. Es bedarf wohl kaum noch der besonderen Bemerkung, dass ich die ziemlich zahlreichen neueren Arbeiten über Gasabscheidung und Assimilation nur insofern berücksichtige, als sie die Wirkung von Lichtstrahlen verschiedener Brechbarkeit behandeln.

Daubeny [2]), dem jedenfalls das Verdienst zukommt, die ersten umfassenden Untersuchungen über die Wirkung farbigen Lichtes auf Gasabscheidung gemacht zu haben, liess die Strahlen einwirken, welche durch farbige Gläser oder mit Flüssigkeiten gefüllte Flaschen passirten. Neben farblosem kamen grünes, purpurfarbiges, blaues, rothes und orangegefärbtes Glas zur Anwendung, von welchen indess nur die beiden letzteren reinere und zu Untersuchungen brauchbare Spektra gaben. Das rothe Glas liess die rothen, orangen, gelben und einen Theil der grünen, das orangegefärbte Glas ausserdem noch einen Theil der blauen Strahlen hindurchgehen. Von den beiden angewandten Flüssigkeiten war die eine das bekannte Kupferoxydammoniak in ziemlich concentrirter Lösung, die andere Portwein, welcher nur rothes Licht durchlassen soll. Ausser der spektroskopischen Untersuchung der angewandten Medien wurde die Wirkung der durchgehenden Strahlen auf

1) Bot. Zeitung 1864, p. 354 ff.

2) Philosoph. transact. 1836, p. I, p. 149 ff.

Silberpapier, ferner deren erwärmende Kraft und relative Helligkeit festzustellen gesucht.

Glasscheiben, oder mit Flüssigkeit gefüllte flachwandige Flaschen wurden vor einer Oeffnung irdner Gefässe (jars) angebracht, in welche die zu untersuchenden Pflanzentheile in mit Kohlensäure gesättigtes Wasser gebracht waren. Wenn Daubeny auch bemüht war, durch Auswahl gleicher und gleichgrosser Pflanzentheile untereinander vergleichbare Resultate zu erzielen, so ist doch zu bedauern, dass er, mit Ausnahme von Fucus digitatus, nur mit Landpflanzen, fünf verschiedenen Arten operirte. Wie weit die Genauigkeit der volummetrischen Bestimmung der Gase reicht, lässt sich bei der sehr unvollständigen Beschreibung von Apparaten und Methode nicht sagen, die Art der Sauerstoffbestimmung ist aber jedenfalls ziemlich ungenau, da die nach Absorption dieses Gases durch Phosphor dem Gasrückstand beigemischte phosphorige Säure in fehlerhafter Weise verrechnet wurde. Ferner scheint die den in kohlensäurereichem Wasser von Pflanzen ausgeschiedenen Gasen immer, aber in variabler Menge beigemengte Kohlensäure gar nicht beachtet zu sein, wenigstens ist nie davon die Rede, und dann musste bei der angewandten analytischen Methode die Stickstoffmenge um deren Volumen zu hoch gefunden werden.

Hinter Portwein sammelte sich gar kein Gas, was indess wohl seinen Grund allein in einer zur erheblichen Schwächung des durchgehenden rothen Lichtes haben dürfte; hinter allen anderen Medien wurde Gas entbunden. Daubeny's Schluss, dass es besonders die leuchtenden Strahlen sind, welche die Gasabscheidung veranlassen, ist zwar richtig, doch ist die Amplitude der Extreme von den Mittelzahlen, welche man ziehen könnte, eine so grosse dass auf diese kein Werth gelegt werden kann. Nicht minder variabel ist die quantitative Zusammensetzung der angesammelten Gase, welche in keinem Falle reiner Sauerstoff, sondern immer mit Stickstoff gemischt waren, ja in einigen Fällen soll das angesammelte Gas reiner Stickstoff gewesen sein. Da in anderen Fällen aber wieder sehr sauerstoffreiche Gasgemenge bei Anwendung gleicher farbiger Medien gefunden wurden, so ruht auch ein anderer von Daubeny gezogener Schluss auf sehr schwachen Füssen, nämlich, dass das gesammelte Gas im allgemeinen um so reicher an Sauerstoff war, je mehr Gas überhaupt ausgeschieden wurde.

An Draper's [1]) umsichtiger Arbeit ist nur zu bedauern, dass die Resultate zu summarisch mitgetheilt werden und besonders auch in den gasometrischen Theil ein gar zu beschränkter Einblick gestattet ist.

Draper brachte in verschiedene Zonen eines mittelst Heliostaten und Krystallprisma entworfenen Spektrums Gasröhren von 15 Mm. Durchmesser und 18 Mm. Höhe, welche mit kohlensäuregesättigtem Wasser gefüllt waren, in welches Pflanzenblätter oder Pflanzentheile, wie es scheint leider auch

1) Annal. d. Chim. et de Physique 1844, p. 214 ff.

immer von Landpflanzen, gebracht wurden. Sieben solcher Versuchsröhren wurden gleichzeitig nebeneinander in einer Wasserwanne aufgestellt und den aus der unten mitgetheilten Tabelle zu entnehmenden Zonen des Spektrums exponirt. Unter dem Einfluss der orangen und der vereinten gelben und grünen Strahlen begann sofort nach der Exposition die Gasentbindung und bereits nach anderthalb Stunden waren Mengen angesammelt, welche eine genaue Messung gestatteten, die nach Ueberfüllen der Gase in Messröhren ausgeführt wurde. Diejenigen Versuchsröhren, welche unter dem Einfluss bestimmter Spektralfarben kein Gas ausgeschieden hatten, wurden nach Beendigung des Versuches jedesmal der Sonne exponirt, um die Fähigkeit der eingeschlossenen Pflanzen Gas überhaupt entbinden zu können zu constatiren. Da Draper's Arbeit nur sehr wenig bekannt zu sein scheint, so gebe ich hier die Resultate der beiden angestellten Versuche. [1])

Expérience Nr. I.		Expérience Nr. II.	
Nom du rayon.	Volumen de gaz.	Nom de rayon.	Volumen de gaz.
Rouge intense	0,33	Rouge intense	0
Rouge et orange	20,00	Rouge et orange	24,75
Jaune et vert	36,00	Jaune et vert	43,75
Vert et bleu	0,10	Vert et bleu	4,10
Bleu	0	Bleu	1,00
Indigo	0	Indigo	0
Violet	0	Violet	0

Ferner stellte Draper auch Versuche mit durch farbige Flüssigkeiten gehenden Lichtstrahlen an und zwar mit Lösungen von doppelt chromsaurem Kali und Kupferoxydammoniak, deren Spektrum bei der angewandten Dicke der Schicht leider nicht weiter angegeben wird. Die Flüssigkeiten wurden in parallelwandige, in Holzkästen eingesetzte Flaschen gefüllt, ein jedesmal zum Vergleich im weissen Licht angestellter Versuch aber ganz frei an der Sonne vorgenommen. Dreimal unter den fünf angestellten Versuchen fand Draper mehr Gas hinter dem chromsauren Kali, als am weissen Licht ausgeschieden, glaubt indess, dass nur die stärkere Erwärmung in dem Holzkasten dieses Ergebniss herbeiführte. In den allein mitgetheilten Mittelwerthen stellt sich indess das im weissen Licht gesammelte Gas etwas höher heraus, als das im gelben Licht ausgegebene; jenes ist mit 4,75, dieses mit 4,55 (wahrscheinlich C. C.) verzeichnet, während für Kupferoxydammoniak nur 0,75 (C. C.?) Gas aufgeführt werden.

1) L. c. p. 217. — Die Maasseinheit, nach welcher die Gase gemessen wurden, ist nicht angegeben, vielleicht sind Cubikmillimeter, keinenfalls wenigstens Cubikcentimeter gemeint.

Draper schliesst aus seinen Resultaten [1], dass das Maximum der Kohlensäurezersetzung mit dem Maximum der Helligkeit im Spektrum zusammenfällt und dass die stärker brechbaren Strahlen gar keine Assimilation hervorzurufen vermögen. Hinter dem chromsauren Kali würde nach unseres Autors Vermuthung ebensoviel Gas, wie am gemischten Lichte gefunden worden sein, wenn nicht auch eine geringe Menge der durchgehenden Strahlen durch Absorption und Reflexion verloren ginge.

Weiter bemerkt Draper sehr richtig, dass die Gasausscheidung nicht von der erwärmenden Kraft der Strahlen des Spektrums abhängig ist, da schon im äussersten Roth sich nur wenig oder gar kein Gas ansammelte, das Wärmemaximum aber noch weiter, in den nicht mehr sichtbaren Theil des Spektrums fällt. Zum weiteren Belege, dass dunkle Wärmestrahlen die Zersetzung der Kohlensäure nicht mehr zu bewirken vermögen, wurde hinter einem Holzfeuer ein Metallspiegel aufgestellt und in dessen Focus eine mit kohlensäurehaltigem Wasser und Blättern beschickte Versuchsröhre gebracht. [2] Zwar fand so eine Ansammlung von Gas statt, allein dieses war, wie die Analyse ergab, reine Kohlensäure, welche durch die Erwärmung des Wassers ausgetrieben wurde.

Das Volumen der bei den Experimenten angesammelten Gase ist immer erst nach Absorption der Kohlensäure gemessen, denn sagt Draper: [3] »Les proportions — der Kohlensäure — doivent être variables, car elles dépendent du total d'acide carbonique qui reste dans l'eau, de la promptitude avec laquelle l'expérience a été conduite et de quelques autres conditions qui peuvent varier.« Auch auf die unvermeidlichen Fehlerquellen, herbeigeführt durch Absorptions- und Diffusionsverhältnisse, welchen ein unter Wasser ausgeschiedenes und über demselben sich ansammlendes, zum grössten Theil aus Sauerstoff und Stickstoff bestehendes Gasgemenge unterworfen ist, wird kurz hingewiesen. Eine specielle Entdeckung dieser Verhältnisse für in Wasser Gas ausscheidende Pflanzen hielt also Draper schon vor 26 Jahren nicht für nothwendig, da er damals schon die Kenntniss der einschlägigen Gesetze seitens competenter Leser voraussetzen durfte.

In einer grösseren Zahl von Analysen fand unser Autor das Verhältniss von Stickstoff und Sauerstoff ziemlich variabel, bemerkte aber darin keinen auffallenden Unterschied, wenn er unter dem Einfluss verschiedener Spektralfarben ausgeschiedene Gasgemenge verglich. [4]

---

1) L. c., p. 219.

2) L. c., p. 222.

3) L. c., p. 221.

4) Bei der Vergessenheit, in welche Draper's Arbeit gerieht, erlaube ich mir auch auf den zweiten Abschnitt (l. c., p. 223 ff.) hinzuweisen, in welchem mit aller Präcision der Unterschied von Assimilation und Athmung auseinandergesetzt wird. Was hier ausserdem über die Zersetzung der an Alkalien gebundenen Kohlensäure gesagt wird, ist durch keine,

Hunt kommt zwar auch zu dem Schluss, dass die leuchtenden Strahlen des Spektrums zur Zersetzung der Kohlensäure durch Pflanzen wesentlich sind, Fragestellung und Darstellung sind aber in so hohem Maasse unklar, dass man diese Arbeit auf sich beruhen lassen kann. [1])

Auch die Untersuchungen von Cloez und Gratiolet [2]) bleiben weit hinter Draper's Arbeit zurück, ja die gänzliche Unterlassung einer spektroskopischen Prüfung der verwendeten gefärbten Gläser erlaubt keinen bestimmten Schluss über die Wirkung von Strahlen bestimmter Brechbarkeit auf die Gasabscheidung. Aus den farbigen Glasscheiben, welche als farbloses, mattgeschliffenes, hellgelbes, rothes (mit Kupferoxydul gefärbtes), grünes und blaues Glas bezeichnet sind, wurden Käfige zusammengesetzt und diese über etwa 2 Liter fassende Flaschen gestülpt, in welchen die Versuchspflanzen in kohlensäurereichem Wasser lagen. Sämmtliche Käfige wurden gleichzeitig in Thätigkeit gesetzt und nach drei- bis vierstündiger Exposition das in den luftdicht verschlossenen Flaschen angesammelte Gas in Messröhren gepresst, in welchen sich über dem Wasser eine Oelschicht befand.

Die Anwendung von Wasserpflanzen, Potamogeton perfoliatum, ist ein Fortschritt in dieser Arbeit, deren gasanalytischer Theil wieder recht mangelhaft ist. Die Anwendung von Oel als Sperrflüssigkeit bietet keinen Vortheil, da dessen Absorptionscoefficienten für Gase noch höher als bei Wasser sind und die Absorption der Kohlensäure mittelst Kali war der unvermeidlichen Verseifung des Oeles halber gewiss keine reinliche Operation. Die dann folgende Sauerstoffbestimmung durch Kupfer, welches mit von Salzsäure durchtränktem Asbest umgeben war, vermag kein Zutrauen in die erhaltenen Resultate zu erwecken, wie auch die Aufeinanderfolge von Kali und Salzsäure ernstliche Bedenken erregen kann.

Auf Seite 51 sind die Resultate von drei, jedesmal gleichzeitig mit allen Glaskäfigen angestellten Versuchen tabellarisch zusammengestellt. Temperatur des Versuchwassers, die ausgeschiedene Gasmenge in Cub. C., die procentische Zusammensetzung des Gasgemenges aus Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure und endlich das procentische Verhältniss von Stickstoff und Sauerstoff allein sind in den einzelnen Vertikalreihen aufgeführt.

Das Verhältniss der für die verschiedenem Gläser gewonnenen Gasmengen ist in jedem der drei Versuche ein sehr gut übereinstimmendes; hinter weissem Glase sammelte sich die grösste Menge Gas, dann folgen gelbes,

---

auch nur entfernt entscheidende Experimente belegt, und die bezüglichen Schlüsse sind wohl gewiss zum grössten Theil, wenn nicht alle, irrig.

1) Uebers. aus »Report of the 17. meeting of the british assoc. for the advancement of science, held at Oxford June 1847« in Bot. Ztg. 1851, p. 341 ff. — Vergl. die Kritik von Sachs in Bot. Ztg. 1864, p. 354.

2) Annal. d. Chim. et de Physique, 3. sér. T. 32, 1851, p. 41 ff.

mattgeschliffenes, rothes, grünes und endlich blaues Glas, hinter welchem nur ein Drittel bis ein Viertel soviel Gas wie hinter weissem Glase ausgeschieden wurde. Den Farben der Gläser nach zu urtheilen haben also auch hier die minder brechbaren Strahlen am meisten geleistet.

Auch die Zusammensetzung der gesammelten Gase ist für gleichgefärbte Gläser auffallend übereinstimmend angegeben, namentlich wenn man die mehr variabelen Kohlensäuremengen ausser Acht lässt und in der letzten Columne das procentische Verhältniss von Sauerstoff und Stickstoff betrachtet. Ein Vergleich der mit gleichgefärbten Gläsern in den drei Versuchen erhaltenen Resultaten zeigt für eines der Gase keine Differenz von 5 Procent. Dabei sinkt der Sauerstoffgehalt ganz constant, je geringer die Mengen des ausgeschiedenen Gases wird; für das weisse Licht ergeben sich zum Beispiel im Mittel 76,8% Sauerstoff auf 23,2 Procent Stickstoff, für blaues Glas aber nur 44,6 Procent Sauerstoff.

Während bei allen früheren Arbeiten die Gase gemessen und meist auch einer Analyse unterworfen wurden, finden wir die Geschwindigkeit der Gasabscheidung zum Princip einer neuen, von Sachs [1]) angewandten Methode erhoben. Es wurde hier die Wirkung des weissen Lichtes auf die Gasabscheidung im Vergleich zu farbigem Lichte in der Zahl der Blasen bemessen, welche in Zeiteinheiten sich entwickelten, oder umgekehrt, die zur Entwicklung einer gewissen Blasenzahl nöthige Zeit bestimmt. Die vergleichenden Zählungen wurden an einigen Wasserpflanzen vorgenommen, bei welchen aus einem angebrachten Stammquerschnitt ein Blasenstrom hervortrat. Die hierbei angewandten Apparate habe ich nicht nöthig zu beschreiben, da diese auch im Handbuch der Experimentalphysiologie von Sachs (p. 25) nachgesehen werden können.

Als Hauptaufgabe hatte sich Sachs gestellt, den Einfluss der Strahlen geringerer und stärkerer Brechbarkeit, der sogenannten chemischen Strahlen, auf die Gasabscheidung kennen zu lernen und hier waren die angewandten Lösungen von doppelt chromsaurem Kali und Kupferoxydammoniak vortrefflich geeignet, da sie sich gerade so herstellen lassen, dass das Spektrum in zwei Theile getrennt wird. Als Resultat ergab sich: »Das gemischte orange Licht, dessen Einfluss auf das photographische Papier während der Beobachtungszeit unmerklich war, leistete bei der Gasabscheidung fast eben so viel wie das weisse Licht, während dagegen das blaue trotz der energischen Bräunung des photographischen Papiers nur unbedeutend auf die Pflanze einwirkte.« [2])

Aufsammeln und Analysiren der ausgeschiedenen Gase unterliess Sachs besonders desshalb, weil »sich in diesem Falle die Absorptionsverhältnisse der verschiedenen Gase (der Kohlensäure, des Sauerstoffs und des Stick-

1) Bot. Ztg. 1864, p. 363.
2) L. c., p. 371.

stoffs) in einer schwer zu beseitigenden Art bemerklich machen.« [1]) Dem gegenüber bietet gerade die Methode des Blasenzählens den entschiedenen Vortheil, dass sie innerhalb weniger Minuten vergleichende Beobachtungen gestattet und die aus Beleuchtungsänderungen und Temperaturschwankungen entspringenden Fehler bei abwechselnd wiederholten Beobachtungen hinter weissem und farbigem Licht gänzlich eliminirt werden können.

Sachs wollte nur die Gasabscheidung in ihrer Abhängigkeit von verschiedenen Lichtfarben kennen lernen. Die Methode würde aber auch die relativen Mengen der zersetzten Kohlensäure anzugeben erlauben, vorausgesetzt, dass das aus derselben Wunde hervortretende Gas innerhalb kurzer Zeit seine Zusammensetzung nicht ändert, wenn der Blasenstrom beschleunigt oder verlangsamt wird. Die vorliegenden und nicht einmal widerspruchsfreien Angaben über das Sinken des Sauerstoffgehaltes bei verlangsamter Gasausscheidung können hier nicht entscheiden, da immer nur Gase analysirt wurden, welche während einiger Stunden sich ansammelten, für das Blasenzählen es aber allein auf einige Minuten ankommt. Doch machen es später mitzutheilende Beobachtungen mehr als wahrscheinlich, dass, wie es auch aus theoretischen Gründen zu erwarten ist, der Sauerstoffgehalt der Blasen sofort sinkt, wenn die Zeit zwischen ihrer Aufeinanderfolge wächst. Selbstverständlich ist es für das Blasenzählen ganz gleichgültig, welche Veränderungen mit der Blase während des Aufsteigens im Wasser vor sich geht, und ebenso ob die Zusammensetzung eines in verhältnissmässig geringer Menge über Wasser sich ansammelnden Gasgemisches nach bekannten Absorptionsgesetzen verändert wird. Dessenungeachtet sucht Müller [2]) in einer umfassenden Arbeit die Sachs'sche Methode als ungenau hinzustellen, weil eine aufsteigende Blase durch Diffusion gegen die im Wasser gelösten Gase ihre Zusammensetzung ändert und nach Absorptionsgesetzen ein Gleichgewichtszustand zwischen dem über Wasser angesammelten und dem in diesem gelösten Gasgemenge angestrebt wird. Diese Einwände treffen natürlich die Methode des Blasenzählens gar nicht, ja wesentlich der Diffusions- und Absorptionsverhältnisse halber hat Sachs das Zählen der Blasen dem Messen und Analysiren vorgezogen.

»Dass in vielen Fällen die Blasen, welche nach der Sachs'schen Methode abgezählt werden, aus reiner Kohlensäure bestehen. Vorausgesetzt, dass diese Methoden streng befolgt wurden so wie sie von Sachs angegeben sind«, wie Müller [3]) behauptet, ist jedenfalls unmöglich so lange eine Pflanze überhaupt Kohlensäure zersetzt. Wie es kommt, dass die aufgesammelten Gase bei Müller so sehr reich an Kohlensäure ausfielen, mindestens 26 Procent von diesem Gase enthielten, weiss ich nicht, denn Müller befindet sich

1) L. c., p. 364.
2) Jahrb. f. wissenschaftl. Bot. VI, p. 478 ff.
3) L. c., p. 484.

sich mit allen bisherigen Forschern, wie mit Draper, Cloez und Gratiolet, Unger, Knop, Wolkoff im Widerspruch, welche Kohlensäure immer in viel geringerer Menge fanden.

Das Gasblasenzählen im farbigen Licht wurde gelegentlich auch von A. Mayer [1]) und A. v. Wolkoff [2]) angewandt. Letzterer zeigte auch in der citirten Arbeit, dass die oft sehr erheblichen Schwankungen in der chemischen Intensität des Tageslichtes ohne Einfluss auf den Process der Gasabscheidung sind, ein Resultat, welches übrigens nach den Untersuchungen von Draper und Sachs bestimmt zu erwarten war.

Cailletet [3]) ist der Erste, welcher die Zersetzung von Kohlensäure im farbigen Licht nicht an in Wasser liegenden, sondern in kohlensäurereicher Luft befindlichen Pflanzentheilen untersuchte. Von dem gasometrischen Theil dieser Arbeit erfahren wir nur, dass die Blätter in Luft gebracht wurden, welcher bei verschiedenen Versuchen 18,21 oder 30 Procent Kohlensäure beigemengt waren und dass die Versuche in Eprouvetten ausgeführt wurden (mit Quecksilber oder Wasser gesperrt?). Diese wurden unter Glasglocken gestellt und zwar kam bei jedem vergleichenden Versuche eine Glocke aus farblosem, aus gelbem, aus rothem, aus blauem, aus violetem und aus grünem Glase zur Anwendung und ausserdem noch eine doppelwandige Eprouvette, deren Zwischenraum mit einer Lösung von Jod in Schwefelkohlenstoff angefüllt war. Leider ist die Farbe des Glases das Ganze was wir erfahren, von einer spektroskopischen Prüfung ist nirgends die Rede, während die Wirkung des durchgehenden Lichtes auf photographisches Papier untersucht wurde.

Die Kohlensäuremengen welche nach acht bis zehnstündiger Exposition der Blätter in mit 18,21 oder 30 Procent Kohlensäure gemengter Luft wiedergefunden wurden, finden sich auf einem beigegebenen Täfelchen in zwei Vertikalreihen zusammengestellt (p. 324). Dabei ist aber nicht gesagt ob jede einzelne Columne nur einen vergleichenden Versuch darstellt oder das Mittel von mehreren ist.

Da die verschiedenen Glocken nicht spektroskopisch geprüft wurden, so haben die mitgetheilten Zahlen gar keinen Werth, die Angabe aber, dass im grünen Lichte Kohlensäure gebildet werde, ist entschieden falsch. Wenn hinter der von Cailletet angewandten grünen Glocke wirklich Kohlensäure gebildet wurde, so dürfte jene so viele Strahlen ausgelöscht haben, dass sich die Pflanze faktisch im Dunkeln befand. Grüne Glassorten, die so gut wie undurchsichtig sind, kommen in der That im Handel vor; kein grünes

---

1) Die landwirthschftl. Versuchsstationen Bd. IX. Ich kenne die Arbeit nur aus dem Referat in den Jahrb. über d. Fortschritte d. Agrikulturchemie für das Jahr 1867 von R. Hoffmann, p. 143.

2) Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. V, p. 1 ff.

3) Compt. rendus 1867, Tom. 65, p. 322.

Glas ist mir aber bekannt, welches überhaupt monochromatisches grünes Licht durchlässt. Die weitere beiläufige Mittheilung, dass auch in dem durch Lösungen erhaltenen grünen Licht Kohlensäure gebildet werde, entzieht sich einer Kritik, bis der Autor seine angewandten grünen Lösungen bekannt gibt, mir ist es wenigstens nicht gelungen eine Lösung aufzutreiben, die allein grünes Licht hindurchlässt.

Bei den Experimenten mit in Schwefelkohlenstoff gelöstem Jod fand Cailletet die Kohlensäuremenge vor und nach Exposition ganz gleich gross. Ob wirklich so viel Jod aufgelöst war, dass gar keine sichtbaren Strahlen mehr durchdrangen, sagt Cailletet nicht, jedenfalls beweisen aber seine Zahlen nicht, was sie beweisen sollen, dass nämlich in den dunklen Wärmestrahlen Kohlensäurezersetzung nicht mehr stattfindet. Denn dann hätte Kohlensäure gebildet werden müssen, so aber musste zufällig gerade so viel Kohlensäure zerlegt werden, dass Assimilation und Athmung sich das Gleichgewicht hielten.

Die letzte einschlägige Arbeit ist eine vorläufige Mittheilung von Timirjaseff.[1] Ueber die angewandte Untersuchungsmethode wird hier nur gesagt, dass die von Boussingault verwerthete adoptirt wurde, welche wesentlich dieselbe ist, die auch ich benutzte und mit der sich in jeder Hinsicht befriedigende Resultate erhalten lassen. Jedenfalls muss aber das angewandte Blatt nach der Exposition entfernt werden; geschieht dieses nicht und wird die Absorption der Kohlensäure ohne weiteres vorgenommen, dann ist eine erhebliche Fehlerquelle gegeben. Entweder zersetzt das Blatt Kohlensäure, so lange noch nicht die letzte Spur dieses Gases vom Kali weggenommen ist, oder wenn die Beleuchtung des Ortes, an welchem die Analyse ausgeführt wird, hierzu nicht ausreicht, wird fortwährend Kohlensäure gebildet. Bei der Kürze der Mittheilung würde das Schweigen über diesen Punkt begreiflich sein, allein nach der beigegebenen Abbildung (Taf. III) möchte man vermuthen, dass das Blatt auch während der Ausführung der Analyse im Versuchsrohr blieb. Da bekannte Quantitäten Kohlensäure in jedes Versuchsrohr gebracht waren, so gibt die Differenz mit der nach der Exposition vorhandenen Menge dieses Gases die zersetzte Kohlensäure an.

Um die obere Partie des Versuchsrohres wurde ein Glascylinder mittelst eines von Paraffin durchtränkten Korkes befestigt und der Zwischenraum mit den farbigen Flüssigkeiten angefüllt, deren Spektra für eine gleiche Dicke der Schicht an direkter Sonne festgestellt waren. Als farbige Medien wurden angewandt: 1) eine ammoniakalische Lösung von Carmin, die rothen und einen Theil der orangen Strahlen durchlassend; 2) mässig concentrirte Chlorkupferlösung, durch welche die orangen Strahlen zum Theil, ferner die

1) Bot. Ztg. 1869. Nr. 11. Die Arbeit ist vom 10. Aug. 1868 datirt, doch habe ich von einer ausführlichen Publikation, die in Aussicht gestellt wird, bis dahin nichts erfahren.

gelben, grünen und blauen Strahlen drangen;[1] 3) mässig concentrirtes Kupferoxydammoniak, welches bekanntlich die stärker gebrochene Hälfte des sichtbarer Spektrums durchlässt und endlich 4) eine gelbe Lösung von deren chemischer Natur gar nichts gesagt wird, die aber nach einer weiterhin anzuführenden citirten Arbeit von J. Müller eine Auflösung von doppelt chromsaurem Kali gewesen sein muss.

Drei Apparate wurden immer gleichzeitig exponirt, von denen einer entweder mit Wasser oder mit einer farbigen Flüssigkeit gefüllt war, deren Zersetzungskraft im Verhältniss zum Wasser durch eine vergleichende Untersuchung bereits gefunden wurde. Die Zahlen, welche sich für die hinter farbigen Medien zersetzte Kohlensäure ergeben, wenn man die hinter Wasser, im weissen Licht, zersetzte Menge dieses Gases gleich 100 setzt, sind das Einzige, was von den analytischen Resultaten mitgetheilt wird.

Timirjaseff construirt nun eine Curve der Zersetzungskraft, indem er den einer Flüssigkeit entsprechenden Theil des Spektrums als Abscisse betrachtet und auf deren Mitte als Ordinate den Quotient aus der zersetzten Kohlensäuremenge durch die Ausdehnung des durchgelassenen Spektrums einstellt. Die so erhaltene Curve findet er mit der Intensitätscurve der Wärme im Spektrum gut übereinstimmend und kommt so zu dem Resumé: »Obgleich diese Resultate nicht hinreichen, um zu beweisen, dass die Zersetzung den Erwärmungskräften der Sonnenstrahlen proportional ist, so glaube ich doch, dass sie diesen Schluss sehr wahrscheinlich machen, und jedenfalls können sie mit der Draper'schen Ansicht nicht in Einklang gebracht werden«. (Wonach das Maximum der Zersetzungskraft mit dem Maximum der Leuchtkraft zusammenfällt).

Timirjaseff betrachtet als Abscissen die Ausdehnung der durch die Flüssigkeiten passirenden Strahlen des Spektrums, eines Spektrums, das wie man aus der beigegebenen Tafel entnehmen kann, ein mehr oder weniger ideales ist, wie das in der Regel bei den zu bildlichen Darstellungen benutzten Spektra der Fall ist, bei welchem in diesem Falle aber die minder brechbare Seite stark zusammengedrängt ist, etwa so wie in dem durch ein Flintglasprisma erhaltenen Spektrum. Nun aber ist bekanntlich bei gleichem brechenden Winkel das Verhältniss der totalen und partiellen Dispersion der Strahlen je nach dem Medium, aus welchem ein Prisma angefertigt wurde, ein anderes und so ist z. B. das durch ein Flintglasprisma erhaltene Spektrum nahezu dreimal länger als ein durch ein Wasserprisma entworfenes, bei jenem hat aber das Roth eine 2,5, das Gelb eine 2,8 und das Violett eine fast viermal grössere Ausdehnung als im Wasserspektrum.[2]

1) Diese Lösung wird bei Anführung ihres Spektrums »gelbe Lösung« genannt, späterhin aber immer als »grüne Lösung« bezeichnet.

2) Siehe die Tabelle des Verhältnisses der partiellen und totalen Dispersion verschiedener Substanzen von Frauenhofer, in Wüllner's Lehrb. d. Physik Bd. I, 2, p. 737.

Es lässt sich in keiner Weise rechtfertigen, warum gerade ein Spektrum gewählt wurde, in welchem die rothen und angrenzenden Spektralfarben relativ stark zusammengedrängt sind, würde man aber mit Zugrundelegung des Wasserspektrums in der von Timirjaseff befolgten Weise und mit dessen gefundenen Zersetzungswerthen eine Curve construiren, so würde diese mindestens mehr Aehnlichkeit mit der Helligkeitscurve, als mit der Wärmecurve ergeben. Diese einfache Reflexion reicht schon vollständig aus, um Timirjaseff's Hypothese als ein ganz fehlerhaft gewonnenes Produkt zu bezeichnen und habe ich wohl nicht nöthig noch ausführlich auseinanderzusetzen, dass die Methode der Gewinnung der Ordinaten selbst iene ganz ungerechtfertigte ist. Haben Strahlengruppen bestimmter Brechbarkeit einen specifischen, aber ungleich grossen Einfluss auf die Zersetzung der Kohlensäure, wie es ja Timirjaseff selbst voraussetzt, so kann man doch gewiss nicht einen für einige Spektralfarben zusammen gefundenen Mittelwerth direkt der Construktion einer Zersetzungscurve zu Grunde legen. Timirjaseff hätte aber auch, wie er selbst zugibt, die dunklen Wärmestrahlen berücksichtigen müssen; anstatt aber, wie er die Hoffnung ausspricht, dann eine noch grössere Uebereinstimmung von Wärmecurve und Zersetzungscurve zeigen zu können, würde er sich schon von der Unhaltbarkeit seiner Hypothese überzeugt haben, sobald er nun seine farbigen Medien auf Durchlässigkeit für dunkle Wärmestrahlen geprüft hätte. Denn wie Desains [1]) in neuester Zeit zeigte, absorbirt schon eine sehr dünne Schicht einer Chlorkupferlösung alle dunklen Wärmestrahlen, während diese zum grossen Theil durch Kupferoxydammoniak passiren. Die Zersetzungskraft der durch erstere Lösung dringenden Strahlen ist aber bei Timirjaseff 47, die der durch letztere Lösung gehenden nur 18 und doch ist die dunkle Wärme des Sonnenspektrums mehr als das Doppelte von der leuchtenden.

Warum prüfte denn aber Timirjaseff nicht die Wirkung der dunklen Wärmestrahlen? Hatte doch Draper — und Timirjaseff kannte, nach den Citaten zu schliessen, diese Arbeit — schon dargethan, dass dieselben Kohlensäurezersetzung nicht zu bewirken vermögen und behauptete doch Cailletet dasselbe. Die Abfertigung Draper's bleibt mir unverständlich, gegen Cailletet aber wird eingewandt, dass die Anwendung von Jodlösung in Schwefelkohlenstoff nur bei Benutzung von Steinsalzgefässen entscheiden könne, da Glas zu viel dunkle Wärme absorbire. Dass Glas dunkle Wärmestrahlen absorbirt ist freilich richtig, doch gilt dieses besonders für die Strahlen grösster Wellenlänge, in geringem Grade für die des Wärmemaximums und die nächst benachbarten, [2]) die doch nach Timirjaseff's Hypothese am meisten leisten müssten. Da aber in dem Focus eines Hohlspiegels Platinblech auch

1) Compt. rendus 1870, Sitzung vom 21. Mai.

2. Vgl. hierüber Masson u. Jamin's Resultate in Wüllner's Physik, Bd. II, 3, p. 335.

dann noch erglüht,[1]) wenn die dunklen Wärmestrahlen vor ihrer Vereinigung ein mit Jodlösung gefülltes Glasgefäss hatten passiren müssen, so reicht deren Intensität doch gewiss auch noch aus, um Kohlensäure durch Pflanzen zerlegbar zu machen, wenn überhaupt den nicht leuchtenden Wärmestrahlen diese Fähigkeit zukommt; Timirjaseff's bezüglicher Einwand beruht auf demselben logischen Fehler, den Sachs in Betreff des Experimentirens im Dunkeln rügte.[2]) Ferner müsste nach der abgehandelten Hypothese Kohlensäure auch im Dunkeln zersetzt werden können, wenn nicht Timirjaseff den dunklen Wärmestrahlen der Sonne und den von irgend einem warmen nicht leuchtenden Körper ausgegebenen Wärmestrahlen eine ganz verschiedene Wirkung zuschreiben will. Eine solche Annahme kann er aber den von Physikern gelieferten Beweisen gegenüber unmöglich aufrecht halten.

Endlich stellt Timirjaseff die Menge der zersetzten Kohlensäure und den Wärmeeffekt den J. Müller hinter gleichen farbigen Flüssigkeiten bestimmte, nebeneinander, um durch die gut übereinstimmenden Zahlen seine Hypothese zu unterstützen. Eine solche Uebereinstimmung wie sie in der That in dem von Timirjaseff gelieferten Täfelchen zu finden ist, würde, wie sich sehr überzeugend darthun lässt, gar nicht einmal etwas beweisen, zudem existirt diese Uebereinstimmung nicht einmal, wenn man die von J. Müller faktisch angegebenen Zahlen heranzieht. Mich jeden Urtheiles enthaltend stelle ich hier einfach Timirjaseff's bezügliches Täfelchen (p. 174) und Müller's Zahlen untereinander.

	Menge der zersetzten Kohlensäure.	Wärmeeffekt der entsprechenden Strahlen (nach Müller).
Unter dem Wasser	100,0	100
„ der gelben Lösung	86,2	75
„ der grünen Lösung	47,5	48
„ der rothen Lösung	36,2	36
„ der blauen Lösung	18,0	9

Wärmeeffekt für dieselben farbigen Medien nach J. Müller:[3])

	I.	II.	III.	
Farbloses Wasser	100	100	100	100
Rothe Lösung	37	35	38	40
Gelbe Lösung	65	64	70	74
Grüne Lösung[4])	9	—	—	13
Blaue Lösung	9	9	9	13

1) Tyndall, die Wärme betrachtet als eine Art der Bewegung, übers. von H. Helmholtz u. G. Wiedemann, 1864; besonders den Anhang zum XII Cap., p. 548 ff.

2) Handb. d. Experimentalphys., p. 4.

3) Poggendorfs Annal. 1858, Bd. 105, p. 346.

4) Diese Lösung von Chlorkupfer soll nach J. Müller nur grüne Strahlen durchlassen. Kalt gesättigte Lösungen, die ich mir darstellte, liessen aber immer auch einen grossen Theil der gelben und blauen Strahlen hindurch, in heiss gesättigten Lösungen finde ich neben

Die drei ersten Vertikalreihen geben die aus der direkten Beobachtung am Thermomultiplikator sich berechnenden Zahlen, wenn der Wärmeeffekt des Wassers gleich 100 gesetzt wird. Die Bedeutung der Zahlen der letzten Columne wird aus dem folgenden wörtlichen Citate ersichtlich. »Dass die Summen der Wärmemengen, welche durch die gelbe, die grüne, die blaue Lösung, (also $70+9+9=88$) nicht gleich ist der durch farbloses Wasser gehenden Wärmemenge 100, liegt offenbar nur daran, dass jede der farbigen Lösungen auch einige Absorption auf Strahlen ihrer Farbe ausübt, wie wir ja von der grünen Lösung wissen, dass sie nicht alle grünen Strahlen des Spektrums durchlässt. Vertheilen wir die Differenz $100-88=12$ in der Weise, dass 2 auf Roth, 2 auf Orange und Gelb, 4 auf Grün, 4 auf Blau, Indigo und Violett kommt, so ergeben sich für die erwärmende Kraft der einzelnen Strahlenabtheilungen des Spektrums, die in der letzten Vertikalreihe obiger Tabelle angegebenen Werthe.«

Soweit es sich nur darum handelt, den Process der Gasabscheidung durch Wasserpflanzen in seiner Abhängigkeit vom Licht verschiedener Qualität kennen zu lernen, ist die Sachs'sche Methode jedenfalls unter allen angewandten die nicht nur am leichtesten und schnellsten ausführbare, sondern auch die genaueste. Ein genaues Mass für die Energie der Assimilation unter dem Einfluss verschiedener Spektralfarben gibt aber diese Methode nicht, da wie schon früher angedeutet, der Sauerstoffgehalt des ausgeschiedenen Gases um so mehr sinken wird, je langsamer die Blasen aufeinander folgen. Dass die durch vergleichendes Blasenzählen erhaltenen Resultate gegenüber der hinter einem farbigen Medium zersetzten Kohlensäure zu hoch ausfüllen, zeigen später mitzutheilende Versuche sehr evident. Beim Aufsammeln und Messen der Gase macht sich derselbe Fehler natürlich geltend und zudem kommen Diffusions- und Absorptionserscheinungen in einer kaum zu controllirenden Weise hinzu. So können alle die Versuche, welche mit in Wasser liegenden Pflanzen über Wirkung farbigen Lichtes auf die Assimilation angestellt wurden, auf eine hinreichende Genauigkeit der Resultate keinen Anspruch machen, auch wenn mit der grössten Sorgfalt zu Werke gegangen wurde.

Wenn hingegen mit Luft gemengte Kohlensäure von Pflanzen zersetzt

---

einem sehr lichtschwachen Grün auch immer noch etwas Blau. — Diese Lösung war bei Müller viel concentrirter als bei Timirjaseff, was letzterer nicht angibt, dagegen die geringere Uebereinstimmung, welche sein Täfelchen für die gelbe Lösung (dopp. chroms. Kali) zeigt, durch grössere Concentration dieser bei Müller erklären zu können glaubt. Nach den spektroskopischen Angaben war aber diese Lösung bei beiden Autoren jedenfalls ziemlich gleich concentrirt.

wird, so lässt sich, wie die schönen Untersuchungen Boussingault's zeigen, der gasometrische Theil der Versuche mit einer für physiologische Arbeiten übrig ausreichenden Genauigkeit ausführen. Cailletet war der erste, welcher die Wirkung farbigen Lichtes auf die Assimilation nicht an in Wasser liegenden, sondern in mit Kohlensäure gemengter Luft befindlichen Pflanzen kennen zu lernen suchte. Indess bringt seine Arbeit die bezüglichen Fragen um keinen Schritt vorwärts und dass auch Timirjaseff's vorläufige Mittheilung mich nicht abhalten konnte dieses Thema aufzunehmen, wird nach der vorausgegangenen Kritik von dessen Arbeit begreiflich erscheinen. Meine Versuche wurden im Sommer 1870 im physiologischen Laboratorium der Universität Würzburg angestellt und freue ich mich hier meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor Sachs, für Anregung und Unterstützung meinen besten Dank aussprechen zu können.

Apparate und Methode.

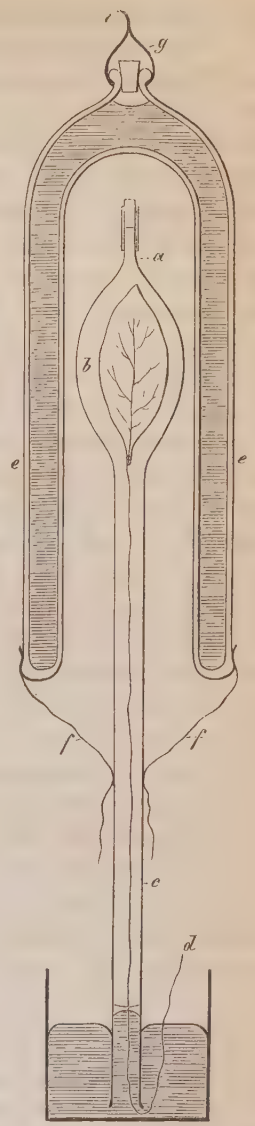
Meine Versuche über Assimilation wurden in einem kohlensäurereichen Luftgemenge mit Blättern einiger Landpflanzen ausgeführt. Das Prinzip der Methode bestand darin, bestimmte Mengen von Kohlensäure zuzufüllen, die nach der Exposition zurückgebliebene Quantität dieses Gases zu bestimmen und als Differenz die zersetzte Kohlensäure zu finden.

Die Gesammthöhe der angewandten Apparate beträgt ungefähr 360 Mm. von welchen etwa 260 Mm. auf das calibrirte Rohr *c* — es sei in Folgendem Steigrohr genannt — fallen. Dieses ist am oberen Ende in einer Länge von 70 bis 75 Mm. zu einem Bauche (*b*) aufgeblasen und endet mit dem kleinen offenen Rohr *a*, dessen Durchmesser etwa 3 Mm. ist; der Volumgehalt beträgt 115 bis 120 C. C., von welchen etwa 75 C. C. dem Bauch zukommen. Der Nullpunkt für die Graduirung wird von der durch die freie Aussenöffnung des Röhrchens *a* gelegten Ebene gebildet, die Theilstriche sind aber erst auf das Steigrohr aufgetragen, welches seiner ganzen Länge nach calibrirt ist. Die Höhe, welche ein Cub. C. in dem Steigrohr einnimmt, schwankt bei den verschiedenen Apparaten, von denen mir sechs zur Verfügung standen, zwischen 5,5 und 6 Mm. Die Theilung selbst war nur in $^1/_2$ Cub. C. ausgeführt, doch ermöglichte ich eine genaue Ablesung bis zu $^1/_{10}$ Cub. C. indem ich diese Theilstriche mit Lack auftrug. Dieses war sehr leicht auszuführen, da bei den Versuchen, mit sehr wenigen Ausnahmen, alle Ablesungen an dem gleichen und ziemlich beschränkten Theile des Rohres vorgenommen wurden.

Die Ausführung der Versuche geschieht nun in folgender Weise. Der nöthigenfalls bis auf ein kurzes Ende weggeschnittene Blattstiel wird an einen ganz dünnen Eisendraht vermittelst Durchstechens und mehrmaligen Umschlingens genügend befestigt. Dieser Draht (*d*), bestimmt das Blatt nach

der Exposition herausziehen zu können, hat eine solche Länge, dass er noch ein ziemliches Stück aus dem Steigrohre hervorsieht, wenn das Blatt in den Bauch geschoben ist. Dieses Hinaufschieben ist, obgleich das Steigrohr nur 14 bis 15 Mm. Durchmesser hat, auch für breitere Blätter leicht auszuführen, indem man die beiden Seitenränder sanft nach rückwärts umbiegt, das Blatt in das Rohr steckt und dann vermittelst eines gegen das kurze Blattstielende gestemmten Holzstabes in den Bauch langsam hinaufdrückt, wo es sich wieder völlig ausbreiten kann.

Fig. 1.



Das Röhrchen *a*, über welches ein Stück nicht vulcanisirten Kautschuckschlauches befestigt ist, blieb bis dahin unverschlossen und bleibt es auch jetzt noch, während das Steigrohr in ein cylindrisches Quecksilber enthaltendes Glasgefäss gestellt wird. Dann werden sogleich mittelst einer Pipette 0,2 bis 0,3 C. C. Wasser über das Quecksilber in dem Steigrohr gebracht. Diese Wasserschicht ist zur Verhütung der die Assimilationsthätigkeit des Blattes beeinträchtigenden Quecksilberdämpfe nothwendig.[1]) Die zu einem vergleichenden Versuche bestimmten und in gleicher Weise hergerichteten Apparate werden nun mit einem bestimmten Theilstrich in das Quecksilberniveau eingestellt und in allen das Quecksilber auf gleiche Höhe emporgehoben, eine Operation die durch Saugen leicht auszuführen ist. Um sicher zu sein, dass nicht kohlensäurereiche Athmungsluft in den Apparat geräth, wende ich hierbei eine mit doppelt durchbohrtem Kork geschlossene und mit Wasser gefüllte Flasche an, in welcher ein zweimal rechtwinklig gebogenes Rohr bis auf den Boden reicht, ein einmal rechtwinklig gebogenes Rohr mit dem Korke endet. Mit dem anderen Schenkel wird ersteres in den über das Röhrchen *a* gezogenen Kautschuckschlauch gesteckt und durch Saugen am anderen Rohr das Quecksilber gehoben, mit einem zuvor über

1) Die nachtheilige Wirkung des Quecksilberdampfes auf Pflanzen wurde bereits im Jahre 1797 in einem Briefe holländischer Chemiker an van Mons angezeigt. (Dieser Brief

das Röhrchen *a* geölten Quetschhahn wird dieses zur geeigneten Zeit abgeschlossen. In den Kautschuckschlauch bei *a* wird dann ein Stück Glasstab geführt und nach der Entfernung des Quetschers bis auf die Ränder des Röhrchens *a* heruntergedrückt, denen jenes sich mit seiner abgeschliffenen und zuvor eingefetteten Fläche völlig anschliesst.

Dieser Schluss ist durchaus vollkommen, wie ich mich durch eine Reihe von Versuchen vergewisserte. Selbst als ich das Quecksilber bis zu 200 Mm. über Niveau hob und die Apparate während dreier Tage stehen lies, stellte sich das Volumen mit Berücksichtigung von Temperatur und Druck als ganz gleich heraus; auch wenn das Quecksilber bis zu 40 Mm. unter Niveau stand, wurde ein gleiches übereinstimmendes Resultat erzielt. Auch lassen sich keine Aenderungen im Gasvolumen bemerken, wenn man den Glasstöpsel nach wiederholtem Hin- und Herbiegen von Neuem fest andrückt; bei der Ausführung der Versuche wird übrigens dieser Schluss gar nicht angerührt.

War das Quecksilber in der beschriebenen Weise auf eine gewisse Höhe gehoben und hatte sich die Gastemperatur ausgeglichen, so wurde das Gasvolumen am unteren Wassermeniscus, ferner die Höhe der Wasserschicht und die Höhe der Quecksilbersäule über Niveau abgelesen. Nach einer ein für allemal für eine jede der Versuchsröhren zusammengestellten Tabelle, wird die in Cub. C. abgelesene Quecksilbersäule in Millimeter Höhe umgesetzt, welche dann also die vom Barometerstand abzuziehende Druckhöhe angeben, wenn noch der der Wasserschicht entsprechende Quecksilberdruck hinzuaddirt wird. Dieser ist übrigens, selbst wenn späterhin zum Absorbiren der Kohlensäure Kalilauge in das Versuchsrohr gegeben war, nur sehr gering, wurde aber immer in Rechnung gebracht. Mit Berücksichtigung des specifischen Gewichtes, welches nach dem Zubringen des Kalis die auf dem Quecksilber schwimmende Lauge erhielt, musste bei den verschiedenen Versuchen eine Wasserschicht von 0,4 bis 0,6 Cub. C., respektive ein entsprechender Quecksilberdruck von 0,2 bis 0,3 Mm. der Höhe der Quecksilbersäule im Steigrohr hinzugerechnet werden.

Das abgelesene Gasvolumen ist aber noch zu gross um den Raum, welchen Blatt und Draht einnehmen. Das Volumen dieser wurde nach Beendigung des Versuches durch Eintauchen in Wasser in einem ziemlich

---

ist abgedruckt in Annal. d. Chim. et d. Phys. I sér, tom. XXII, p. 122.) Spallanzani, der gleichfalls die Schädlichkeit der Quecksilberdämpfe kannte, legte eine Glasscheibe über das zum Sperren angewandte Quecksilber. Saussure wandte die Bedeckung des Quecksilbers mit Wasser an, statt dessen man nach den Versuchen von Boussingault wohl auch ein wenig Schwefel über dem Quecksilber anbringen könnte Obgleich die Tension des Quecksilberdampfes eine so ausserordentlich geringe ist, so zeigen doch Boussingault's Versuche, wie selbst schon in kurzer Zeit die Assimilationsthätigkeit der Blätter dadurch beeinträchtigt werden kann. (Boussingault in Compt. rendus 1867, Tom. 64, p. 924 ff. u. 983 ff.; ibid. 1865, Tom 61, p. 658 ff. u. Agronomie, Chimie agricol et Physiol. Bd. 4, 1868, p. 336 ff.).

engen Gasmessrohr ermittelt. Diese Bestimmung ist, wie nachher mitzutheilende Versuche zeigen werden, hinreichend genau, wenn nur dafür gesorgt wird, dass den Blattflächen möglichst wenig Luft adhärirte, was bei allen von mir angewandten Blättern sehr leicht durch Anfeuchten und Trockenwischen zu erreichen war. Endlich müssen auch für den Wassermeniscus 0,3 Cub. C. am Gasvolumen abgezogen werden.

Nach Abzug des Blattvolumens und mit Berücksichtigung der Meniscuscorrektion sind alle in dieser Arbeit vorkommenden Gasvolumina auf 0° Temperatur, 1 Met. Quecksilberdruck und Zustand der Trockenheit reduzirt. [1]) Die Dichtigkeitsänderung des Quecksilbers brauchte nicht beachtet zu werden, da die Temperaturschwankungen bei den zur Analyse nothwendigen verschiedenen Ablesungen meist unter 2° C. blieben und nur wenigemal um ein ganz Geringes 2 C. überstiegen. [2])

Sind die zur Berechnung des Luftvolumens nöthigen Ablesungen gemacht, so wird Kohlensäure in die Versuchsröhren eingefüllt und zwar für einen vergleichenden Versuch in jede derselben ziemlich gleichgrosse Mengen. Eine völlige Uebereinstimmung ist ganz unnöthig, da doch ungleich grosse Quantitäten bei den Experimenten zersetzt werden. Das Einfüllen der Kohlensäure geschah direkt aus dem Apparate, in welchem dieselbe aus Marmor und Salzsäure entwickelt und durch eine gesättigte Lösung von doppelt kohlensaurem Natron gewaschen wurde. Auf diese Weise bleibt keine Spur von Salzsäure der Kohlensäure beigemengt, wie ich mich beim Durchleiten eines sehr kräftigen Gasstromes durch Silberlösung überzeugte; auch die Ueberwindung des Quecksilberdruckes hat keine Schwierigkeiten, indem man einfach das Eingussrohr am Entwicklungsapparate mit einem Korke verschliesst. Natürlich wurde vor dem Zufüllen constatirt, dass alle Luft aus dem Kohlensäureapparate verdrängt war.

Das Luftvolumen von dem nach dem Einfüllen der Kohlensäure in gleicher Weise reduzirten Gasvolumen subtrahirt, ergibt die Menge der zugefüllten Kohlensäure; der sehr geringe Kohlensäuregehalt der Luft von ungefähr 0,04 Procent (dem Volumen nach) kann begreiflicherweise vernachlässigt werden, da er bei den hier in Betracht kommenden Luftmengen eine in den angewandten Apparaten ganz unablesbare Grösse ausmacht.

Die Helligkeit auf dem hinter einem Nordfenster befindlichen Tische,

---

1) Bunsen, gasom. Methoden, 1857, p. 42. — Die Reduktion geschieht nach der bekannten Formel:

$$v^1 = \frac{(v-m)\,(b-b^1-b^2)}{(1+0{,}00366\,t^0)}$$

wo v^1 das reducirte Gasvolumen ist; v bezeichnet das abgelesene Gasvolumen, m die Meniscuscorrektion, b den beobachteten Barometerstand, b^1 die für die Quecksilbersäule im Eudiometer abzuziehende Druckhöhe und b^2 die Tension des Wasserdampfes bei der Temperatur t^0.

2) Bunsen l. c., p. 43.

auf welchem die Apparate bei den vorgenannten Operationen und überhaupt allen analytischen Arbeiten standen, reichte hin, um geringe Menge Kohlensäure durch die Blätter zersetzbar zu machen. Zu den Versuchen wurden immer nur Blätter gewählt, welche bereits einige Stunden insolirt worden waren, jedenfalls also keine besonders grossen Mengen Kohlensäure im absorbirten oder gasförmigen Zustand einschliessen konnten. Wenn also auch, so lange sich die Blätter in reiner Luft befanden, nicht zu befürchten war, dass durch längeres Stehen zum Zwecke der Temperaturausgleichung eine Fehlerquelle entstand, da Kohlensäure nicht gebildet werden konnte, so war es doch immerhin erwünscht die Zeitdauer zwischen der Zusammenstellung der Apparate und den nöthigen Ablesungen möglichst zu verkürzen und nach dem Einfüllen der Kohlensäure war dieses sogar geboten. Um nun die zur Temperaturausgleichung nothwendige Zeit so klein als möglich zu machen, wurde beim Einführen der Blätter und ebenso bei allen anderen Manipulationen eine direkte Berührung der Apparate mit der Hand vermieden und immer nur mit einem dickem Tuche angefasst; beim Einfüllen der Kohlensäure wurden aber die Apparate gar nicht berührt und selbst eine zu grosse Annäherung der Hand verhütet. Wie mich Versuche lehrten, hatte bei Berücksichtigung dieser Vorsichtsmassregeln das Luftvolumen schon 10 Minuten nach dem Hinstellen der Apparate seine Temperatur soweit ausgeglichen, dass eine nach längerer Zeit vorgenommene Ablesung keine Veränderung mehr entdecken konnte. Ich verfuhr nun in der Weise, dass ich 6 bis 7 Minuten nach der definitiven Zusammenstellung der Apparate eine Ablesung machte, weitere 5 Minuten wartete und mich vergewisserte, dass eine Volumenveränderung nicht mehr stattgefunden hatte. Dies traf fast immer zu, wenn nicht, so liess ich noch weitere fünf Minuten von der letzten bis zu einer folgenden Ablesung verstreichen. Nach dem Einfüllen der Kohlensäure wurde die erste Ablesung nach fünf Minuten gemacht, die in allen Fällen mit einer zweiten nach weiteren 5 Minuten vorgenommenen übereinstimmte. Unter dem Einfluss der hierbei herrschenden Beleuchtung sind aber, wie auch Versuche lehrten, die innerhalb 10 Minuten zersetzten Kohlensäuremengen so gering, dass sie sich jeder Ablesung entziehen. Ein Blatt von Prunus laurocerasus von 22 C. Q. Fläche hatte an einem besonders hellen Tage während fünfstündigen Stehens auf dem Gastisch, von 8 Uhr bis 1 Uhr Morgens, 0,5 C. C., in 10 Minuten also 0,016 C. C. Kohlensäure zersetzt und für ein Oleanderblatt von 25 C. Q. Blattfläche wurden an einem anderen gleichfalls hellen Tage, während 6 Stunden 0,7 C. C., in 10 Minuten also 0,019 C. C. zersetzter Kohlensäure gefunden.

Unmittelbar nach Beendigung der letzten Ablesungen werden die Blätter in der weiterhin zu beschreibenden Weise Strahlen verschiedener Brechbarkeit ausgesetzt und sofort nach Beendigung der Exposition vermittelst des Eisendrahtes aus den Versuchsröhren entfernt. Dreht man das Blatt während es durch die sperrende Quecksilbersäule gezogen wird hin und

her, so steigen allenfalls anhaftende Glasbläschen in das Versuchsrohr zurück und auch von der Wasserschicht wird nur sehr wenig durch das Blatt entfernt, was ja überdies für die Bestimmung des Gasvolumens gleichgültig ist. Da Gas und Quecksilber während der Exposition stark erwärmt wurden, so bleiben nun die Apparate ein bis zwei Stunden stehen ehe weitere Ablesungen gemacht werden. Die hieraus, natürlich ohne Abzug des Blattvolumens, sich berechnenden Gasmengen, ergeben, mit den früher gefundenen verglichen, die Volumenänderung während der Exposition.

Zur Absorption der Kohlensäure wurden etwa 0,2 C. C. einer gesättigten Kalilauge in die Apparate gebracht. Es ist dieses leicht mit einer an der Spitze umgebogenen Pipette auszuführen, in welche man etwas Lauge aufsaugt, das obere Ende verschliesst und durch einfaches Erwärmen vermittelst der Hand die kleine Menge Flüssigkeit zum Austreten bringt. Die Kohlensäure dürfte wohl immer nach zwei Stunden absorbirt gewesen sein, indess blieben meine Apparate jedesmal über Nacht, stets mindestens 15 Stunden stehen und so ist gewiss nicht nöthig Belege beizubringen, dass die Absorption in allen Fällen eine vollständige war. Die Differenz des Gasvolumens nach der Exposition und nach der Absorption der Kohlensäure ergibt das Volumen der nicht zersetzten Kohlensäure, und dasselbe mit der bekannten eingefüllten Menge dieses Gases verglichen lernt das zersetzte Kohlensäurevolumen kennen.

Eine gasometrische Bestimmung der Kohlensäure ist bekanntlich mit grösster Genauigkeit auszuführen und zudem ist die Kenntniss der zersetzten Kohlensäuremenge das genauste Maass für die assimilirende Thätigkeit des Blattes, die durch Bestimmung des gebildeten Sauerstoffgases nicht mit gleicher Präcision gemessen wird, da nach Boussingault's Versuchen ein annährend, aber meist nicht absolut gleiches Volumen von Sauerstoffgas für die zersetzte Kohlensäure gebildet wird. Da eine genaue Bestimmung des Sauerstoffs [1]) immer umständlich ist, was natürlich bei einer solchen Zahl von Analysen, wie sie hier nöthig waren, schwer ins Gewicht fällt, so habe ich mich allein auf die sicher und leicht ausführbare Messung der Kohlensäure beschränkt.

In dem Folgenden werde ich nun auch zeigen, dass die Fehler, welche durch das Herausführen des Blattes und durch die Absorptionsverhältnisse des über dem Quecksilber befindlichen Wassers veranlasst werden können, selbst im ungünstigsten Falle so gering sind, dass in dem rein gasometrischen Theile ein für unsere Zwecke mehr als hinreichende Genauigkeit garantirt wird.

1) Wirklich genaue Sauerstoffbestimmungen lassen sich nicht wohl anders, als durch Verpuffen mit Wasserstoff machen. Es gilt dieses namentlich für Gasgemenge, welche mehr Sauerstoff als atmosphärische Luft enthalten, da dann nach einer freundlichen Mittheilung des Herrn Professor Carius bei Anwendung von pyrogallussaurem Kali Kohlenoxydgas gebildet wird.

Ein in keinem Falle mehr ablesbarer Fehler entspringt aus den Absorptionsverhältnissen des das Quecksilber bedeckenden Wassers. Ich wende mich sofort zu einem concreten Falle und nehme an, dass zu 65 C. C. Luft 8 C. C. Kohlensäure gefüllt werden, ein Verhältniss, wie es meist annähernd in meinen Versuchen realisirt war.

Mit Vernachlässigung der Tension des Wasserdampfes absorbiren dann 0,3 C. C. Wasser bei 0,76 M. Quecksilberdruck und 20° C. folgende Mengen der Luftgase: [1])

Stickstoff	0,0033	C. C.
Sauerstoff	0,0018	,,
Zusammen also	0,0051	C. C. Gas.

Werden nun zu den 65 C. C. Luft 8 C. C. Kohlensäure gefüllt, so nehmen 0,3 C. C. Wasser unter der partiären Pressung der Gase dieses Gemenges und unter gleichen Bedingungen wie oben auf

von Kohlensäure	0,0296	C. C.
,, Stickstoff	0,0030	,,
,, Sauerstoff	0,0016	,,
Zusammen	0,0342	C. C. Gas.

Die Aenderung in der absorbirten Menge von Stickstoff und Sauerstoff ist wie man sieht eine sehr geringe, von Kohlensäure wurden aber fast 0,03 C. C. im Wasser aufgenommen, die sich also einer Ablesung entziehen würden, wenn diese überhaupt eine so weit gehende Genauigkeit erlaubte. Zersetzte nun ein assimilirendes Blatt alle vorhandene Kohlensäure, so würde auch die im Wasser absorbirte allmälich wieder in die Luft diffundiren und mit verarbeitet werden, im Wasser aber eine ziemlich gleiche Gasmenge wie vor dem Einfüllen der Kohlensäure gelöst bleiben. [2]) Da aber für die zersetzte Kohlensäure ein annähernd gleiches Volumen Sauerstoffgas [3]) gebildet wird, so wird um dieses das gesammte Volumen nach der Exposition grösser geworden sein, vorausgesetzt, dass durch die Assimilation selbst keine Aenderung im Gasvolumen herbeigeführt wurde.

Die berechneten Zahlen zeigen, dass es sich hier um so geringe Gasmengen handelt, dass an eine Ablesung in unseren Apparaten nicht im Entferntesten zu denken ist. Uebrigens fallen bei der Ausführung der Experimente die Fehler noch viel geringer als die berechneten Zahlen aus. Denn meist wurden viel weniger als 8 C. C. Kohlensäure zersetzt; dann war der Quecksilberdruck stets viel geringer als 0,76 M., da von dem

1) Vergl. Bunsen, gasom. Method., p. 139.

2) Faktisch etwas mehr, da die Luft reicher an Sauerstoff wird und der Absorptionscoefficient dieses Gases höher als für Stickstoff ist.

3) Wie schon bemerkt ist es nicht sicher, dass für jedes Volumen zersetzter Kohlensäure ein gleiches Volumen Sauerstoff gebildet wird.

für sich schon meist niedereren Barometerstand noch die Höhe der Quecksilbersäule im Versuchsrohr abzuziehen war; ferner war die Temperatur meist höher als 20 C. und endlich ist auch die Tension des Wasserdampfes nicht in Rechnung gezogen worden. Bekanntlich ändert sich aber die Menge eines absorbirten Gases dem Druck proportional und die Absorptionscoefficienten nehmen mit steigender Temperatur nach einem für jedes Gas spezifischen Verhältniss ab.

Beim Zubringen der Kalilauge wird die Flüssigkeit zwar bis auf 0,4 bis 0,5 C. C. vermehrt, allein jetzt verschwindet die Kohlensäure und nur Sauerstoff und Stickstoff kommen als drückende Gase (neben Wasserdampf) in Betracht, die ja nur in geringer Menge in Wasser absorbirt werden. [1])

Bedenklicher mag das Herausziehen des Blattes nach der Exposition erscheinen, doch zeigen hier meine mitzutheilenden Versuche, dass sich dieses bei gehöriger Sorgfalt ausführen lässt, ohne dass nach der Berechnung eine Schwankung in dem Gasvolumen zu bemerken ist. Die Aenderungen, welche in der Zusammensetzung der in den Intercellularräumen des Blattes eingeschlossenen und in den Zellflüssigkeiten absorbirten Gase während der Ausführung der Experimente stattfinden, lassen sich nicht mit Sicherheit angeben, welches aber das Maximum des Fehlers ist, der hierdurch herbeigeführt werden kann, lässt sich mit einiger Wahrscheinlichkeit voraussagen.

Die zur Verwendung gekommenen Blätter verdrängten 0,5 bis 1,1 C. C. Wasser. Ein Kirschlorbeerblatt von 1,0 C. C. Volumen lege ich den folgenden Betrachtungen zu Grunde; die ausserdem öfters benutzten Oleanderblätter dürften bei ähnlicher lederartiger Beschaffenheit zu wesentlich gleichem Resultate führen. Ein Kirschlorbeerblatt enthält nach Unger [2]) $\frac{1}{5}$ seines Volumens an Gasen in den Intercellularräumen eingeschlossen und gibt ziemlich genau $\frac{1}{3}$ seines Gewichtes an Trockensubstanz. [3]) Da nun Gewicht und Volumen dieser Blätter meist ziemlich gut übereinstimmen, so enthält ein Kirschlorbeerblatt von 1,0 C. C. Volumen an Intercellulargasen etwa 0,2 C. C., an Trockengewicht 0,3 Grmm. und an wässrigen Theilen 0,5 Grmm.

Setzen wir nun einmal voraus, in den Intercellularräumen des Blattes befinde sich reine Luft und auch das in den Zellflüssigkeiten absorbirte Gasgemenge sei dem partiären Druck der Luftgase entsprechend zusammengesetzt. Nun mögen wie oben auf 65 C. C. Luft 8 C. C. Kohlensäure eingefüllt werden und sich die Intercellulargase und absorbirten Gase mit dieser

---

1) Kalilauge nimmt noch etwas weniger von diesen Gasen auf als Wasser.

2) Genau 21,9 %. Bestimmung der in den Intercellularräumen d. Pflz. enthaltenen Luftmenge. Sitzb. d. k. k. Akad. 1854, p. 11 d. Sptabzg.

3) Drei Blätter, grössere und kleinere, die im frischen Zustand 2,450 Grmm. wogen, gaben bei 100 C. getrocknet 0,812 Grmm. Ein Blatt von 1 Grmm. Gewicht würde also 0,331 Grmm. Trockensubstanz liefern.

kohlensäurereichen Luft ins Gleichgewicht setzen. Dann sind in den 0,2 C. C. Intercellulargasen 0,02 C. C. Kohlensäure enthalten und in 0,5 C. C. Wasser[1]) werden 0,0494 C. C. Kohlensäure absorbirt (bei 20 C. und 0,76 M. Quecksilberdruck). Würde jetzt das Blatt herausgezogen werden, so würden also 0,07 C. C. Kohlensäure mit ihm entfernt und um diese müsste eine nunmehr vorgenommene Kohlensäurebestimmung zu gering ausfallen, wenn die Absorption der Kohlensäure in den wässrigen Theilen erst nach Vollendung der zum Zweck der Berechnung dieses Gases angestellten Ablesungen begänne.

Die berechnete Zahl ist aber nun unter allen Umständen zu hoch, da, wenn auch während der Exposition der Druck nicht sehr viel geringer als 0,76 M. war, die Temperatur viel höher als 20 C. stieg und dann wird auch das faktisch abgelesene Gasvolumen bei der Reduktion auf 0°, 1 M. Druck und Zustand der Trockenheit um etwa $\frac{1}{3}$ verringert. So würde unter den oben gemachten Voraussetzungen der Fehler auf etwa 0,05 C. C. steigen und selbst diese Zahl wird nicht erreicht werden können, wenn ein exponirtes Blatt Kohlensäure zersetzt. Denn es wird nicht nur die Luft im Versuchsrohr fortwährend ärmer an Kohlensäure, sondern es verhindert auch der gebildete und im Blatt sich verbreitende Sauerstoff eine Ausgleichung mit dem umgebenden Gasgemenge, die, soweit unsere Erfahrungen reichen, durch Pflanzengewebe überhaupt nicht mit grosser Geschwindigkeit stattfindet. Bei den Versuchen wo die Blätter mit einiger Energie assimilirten, wird also kaum ein auch nur geringer Fehler beim Herausziehen des Blattes durch Entführung von Kohlensäure eintreten können und selbst 0,05 C. C. sind eine für unsere Versuche ganz gleichgültige Gasmenge. Da immer nur zuvor insolirte Blätter angewandt wurden, so wird bei der geringen Zahl von Versuchen, in welchen Kohlensäure sich bildete, ein grösserer als der oben berechnete Fehler auftreten können, da das zuvor jedenfalls nur sehr wenig Kohlensäure einschliessende Blatt während der Versuchszeit eine grössere Menge dieses Gases aufnehmen kann und dann also eine geringere als faktisch gebildete Menge durch die Analyse gefunden werden muss. Da es mir indess bei diesen Versuchen wenig auf absolut genaue Bestimmung der gebildeten Menge Kohlensäure, sondern nur auf Constatirung der Kohlensäurebildung ankam, so habe ich diesen Fehler nicht zu eliminiren gesucht.

Die Ablesungen erlauben eine bis auf $\frac{1}{10}$ C. C. genaue Bestimmung der Gasvolumina und so wird die Amplitude der Fehler bei zwei aufeinanderfolgenden Messungen 0,1 C. C. nicht übersteigen, selbst wenn auch

---

1) Ich wüsste keinen Grund anzugeben, wesshalb Pflanzentheile grössere Gasmengen aufnehmen sollten, als die wässrigen Theile unter entsprechenden Druck- und Temperaturverhältnissen absorbiren. Eher könnte man vermuthen, dass geringere als diesen entsprechende Gasmengen aufgenommen würden, da wenigstens im Allgemeinen die Absorptionscoefficienten für dichtere Flüssigkeiten geringer werden. — Stickstoff und Sauerstoff sind ihrer niedrigen Absorptionscoefficienten halber hier gar nicht weiter berücksichtigt worden.

die durch Herausziehen des Blattes u. s. w. möglichen Ungenauigkeiten nach einer Richtung fallen, was kaum möglich ist. Die jetzt mitzutheilenden Controllversuche zeigen in der That immer eine geringere Fehlergrösse und beweisen, was auch die bisherigen Erörterungen darthun, dass der gasometrische Theil der Methode eine mehr als ausreichende Genauigkeit garantirt.

Bei den folgenden Versuchen, welche zum Zwecke hatten die Genauigkeit der Volumenbestimmung eines Blattes kennen zu lernen, wurden zum Theil Blätter von einer Grösse angewandt, wie sie bei den Assimilationsversuchen nie benutzt wurde. Dieselben wurden in der angegebenen Weise in die Versuchsröhren und zwar in gewöhnliche Luft gebracht, die Ablesungen nach Ausgleichung der Temperatur vorgenommen und das Gas nach Abzug des Blattvolumens auf 0^0, 1 Meter Druck und Trockenheit reduzirt (B); die Bestimmung des Blattvolumens (A) geschah durch Eintauchen in Wasser. Einige Zeit nach Entfernung des Blattes wurden wieder Ablesungen gemacht und das reduzirte Volumen aus diesen berechnet (C); die Differenzen zwischen den beiden gefundenen Volumina sind in der letzten Columne (D) aufgeführt.

Blatt von:	A. Durch Eintauchen in Wasser bestimmtes Blattvolumen. C. C.	B. Die Ablesungen bei Anwesenheit des Blattes im Versuchsrohr gemacht. C. C.	C. Ablesungen nach Entfernung des Blattes gemacht. C. C.	D. Differenz der reduzirten Volumina. C. C.
Prunus laurocerasus	1,2	74,40 [1]	74,39	0,01
,, ,, ,,	1,6	76,31	76,26	0,05
,, ,, ,,	0,6	73,43	72,39	0,04
Nerium Oleander	0,8	75,59	75,56	0,03

Diese Versuche, die wie man sieht ein sehr zufriedenstellendes Resultat ergeben, sind nicht etwa aus einer Reihe von Versuchen ausgewählt, sondern sind die einzigen, welche ich in dieser Richtung anstellte.

Nachstehende Versuche sind ohne Beisein von Blättern gemacht, um

1) Wie schon gesagt, sind alle in dieser Arbeit angeführten Gasvolumina auf 0 Grad, 1 Meter Druck und Zustand der Trockenheit reduzirt. Da es unnöthigerweise viel Raum wegnehmen würde, wenn ich jedesmal die nöthigen Rechnungselemente aufführen wollte, so beschränke ich mich darauf, dieses allein für diesen einen Fall zu thun. Das reduzirte Volumen von 74,40 C. C. berechnet sich aus Folgendem: Abgelesenes Gasvolumen 114,8 C. C. von welchem für das Blattvolumen 1,2 C. C., für den Wassermeniscus 0,3 C. C. abzuziehen, 113,3 C. C. also in Rechnung zu nehmen sind. Das Quecksilber stand 5,0 C. C. über Niveau, die Wasserschicht war 0,3 C. C., was zusammen für das entsprechende Rohr eine Quecksilbersäure von 0,0286 M. ergibt, welche vom Barometerstand (0,7493 M.) abzuziehen ist. Die Temperatur beim Ablesen war 19,6 C.

zu erfahren, in wie weit die eingefüllten und durch Absorption mit Kali gefundenen Mengen von Kohlensäure untereinander stimmen. Ich beschränke mich hier darauf die eingefüllten und nach Absorption mit Kali gefundenen Kohlensäurevolumina nebeneinanderzustellen und in der dritten Verticalreihe die Differenzen aufzuführen.

Eingefüllte Kohlensäure.	Durch Absorption mit Kali bestimmte Co^2.	Differenz.
C. C.	C. C.	C. C.
8,13	8,16	0,03
7,02	7,02	0,00
7,49	7,44	0,05

Bei den folgenden Versuchen befand sich, wie es ja auch bei der Ausführung der Experimente der Fall war, während des Zufüllens der Kohlensäure ein Blatt im Versuchsrohr. Wenn die Kohlensäure eingefüllt und die nöthigen Ablesungen beendet waren, so wurde das Blatt sofort herausgezogen, das Gasvolumen wieder bestimmt und durch Absorption mit Kali die Kohlensäure gefunden. Die tabellarisch zusammengestellten Resultate sind ohne weitere Erklärung verständlich.

Ein Blatt im Versuchsrohr.			Nach Entfernung des Blattes.				
A. Luft.	B. Luft + CO^2.	C. Eingefüllte CO^2 (A—B)	D. Luft + CO^2.	E. Nach Absorption mit Kali.	F. Gefundene CO^2 (D—E)	Differenz d. Volumina ($\mp$ B $\pm$ D)	Differenz d. CO^2. ($\mp$ C $\pm$ F).
C. C.	C. C.	C. C.	C. C.	C. C.	C. C.	C. C.	C. C.
66,87	74,06	7,19	74,00	66,84	7,16	0,06	0,03
65,41	74,39	8,98	74,41	65,48	8,93	0,02	0,05
63,20	70,41	7,21	70,37	63,15	7,22	0,04	0,01
65,07	73,11	8,04	73,14	65,06	8,08	0,03	0,04

Anmerkung: Die Blattvolumina waren: 1) Versuch 1,6; 2) Vers. 0,8; 3) Vers. 1,1; 4) Vers. 0,5 C. C. Im 1. u. 2. Versuch stammten die Blätter von Kirschlorbeer, im dritten von Oleander, im letzten von Tinnantia undata.

Die obigen Zahlen, die gleichfalls nicht etwa aus einer Reihe von Analysen ausgewählt sind, sprechen genügend für sich, um mich weiterer Worte zu entheben. Auch sehen wir hier wieder, was bereits durch frühere Versuche gezeigt wurde, dass die Mengen von Kohlensäure, welche während der 10 Minuten zersetzt werden, welche zwischen dem Einfüllen dieses Gases und den nothwendigen Ablesungen verstreichen, bei der auf meinem Gastisch herrschenden Helligkeit zu gering sind, um sich in irgend einer Weise bemerkbar zu machen. Gegenüber der ungleichen Zersetzungskraft für Kohlensäure, welche selbst möglichst gleichartigen Blättern zukommt,

treten die Fehler der Methode so in den Hintergrund, dass sie als gar nicht vorhanden angesehen werden können.

Nach der Darlegung des gasometrischen Theiles, gehe ich zu der Auseinandersetzung der Art und Weise, wie die Wirkung des farbigen Lichtes auf die Assimilationsthätigkeit der Blätter geprüft wurde, über. Ich bediente mich farbiger Flüssigkeiten, die in diesem Falle der Anwendung eines durch ein Prisma entworfenen Spektrums entschieden vorzuziehen sein dürften. Denn wenn man mittelst dieses genau abzutrennende Partien der gebrochenen Sonnenstrahlen verwenden kann, so ist doch die Helligkeit der einzelnen Spektralfarben bei einem nothwendig sehr in die Breite gezogenem Spektrum eine sehr geringe und dem entsprechend wird selbst in den wirksamsten Farben eine geringe Menge Kohlensäure zersetzt werden. Dadurch verliert aber der analytische Theil an Genauigkeit und eine Vermehrung der Expositionsdauer hat auch mit praktischen Schwierigkeiten zu kämpfen, nicht nur der Beleuchtung halber, sondern auch, weil die Blätter an ihrer Turgescenz und mit dieser an ihrer Zersetzungskraft Einbusse erleiden können, was der stärkeren Erwärmung der Blätter halber auch im dampfgesättigten Raum möglich ist.

Die Flüssigkeiten wurden in doppeltwandige cylindrische Glocken (*e* in der Fig. Seite 15) gefüllt, welche bei einer Höhe von etwa 250 Mm. und einem inneren Durchmesser von ungefähr 60 Mm. eine 12 bis 15 Mm. dicke Flüssigkeitsschicht aufnahmen. Ueber eine in der früher angegebenen Weise mit einem Blatt und kohlensäurereicher Luft beschickte Versuchsröhre wurde eine solche Glocke gestülpt und mittelst eines am Hals befestigten Drahthakens (*g*), der in eine Schleife von Bindfaden gehängt wurde, schwebend gehalten. Da die Glocken bis unter den Hals mit den farbigen Medien angefüllt wurden, so war nur das von unten her zutretende gemischte Licht abzuhalten. Es geschah dieses durch auch in der Sonne ganz undurchsichtiges schwarzes Wachstuch, welches in Form eines offenen Beutels um den unteren Rand der Glocke befestigt und durch Schnüren fest um das Versuchsrohr angezogen wurde (*f*). Um auch die geringe Menge gemischten Lichtes, welche von dem Quecksilber durch das Versuchsrohr zum Blatte reflektirt werden konnte, unschädlich zu machen, überdeckte ich die Quecksilbergefässe mit schwarzem Papier und hielt zum Ueberfluss direktes Sonnenlicht durch vorgestellte, bis an den unteren Rand der Glocke reichende Pappdeckel ab.

Bei der Ausführung der Versuche wurden immer 2, 3 oder 4 Versuchsröhren gleichzeitig hergerichtet und gleichzeitig auch unter die mit verschiedenen Medien gefüllten Glocken gebracht. Nachdem alle gleichlange Zeit an einem Südfenster gestanden hatten (nur zweimal sind mit Cuoammon. Ausnahmen gemacht) wurden die Blätter herausgenommen und in beschriebener Weise die Menge der zersetzten Kohlensäure bestimmt. Das Queck-

silber im Versuchsrohr und im Glasgefäss wurde während der Exposition möglichst im Niveau gehalten.

Eine der Glocken war immer mit Wasser, die anderen mit farbigen Flüssigkeiten gefüllt. Die hinter Wasser, im weissen Licht, zersetzte Kohlensäure ist, wo es sich um Vergleichung der zu verschiedener Zeit angestellten Versuche handelt, gleich 100 gesetzt, die für die entsprechenden Spektralfarben sich ergebenden Zahlen drücken dann also deren Zersetzungskraft in Procenten der Wirkung des gemischten Lichtes aus.

In jeder mit gleichen Medien angestellten Versuchsreihe, sind Versuche sowohl an ganz sonnigen, als auch an theilweise bewölkten Tagen gemacht. Bei sehr intensivem Sonnenschein wurden die direkten Sonnenstrahlen durch vor die Glocken gestellte Schirme von sehr durchscheinendem, dünnem Pergamentpapier abgehalten, sonst aber direkt auf die Glocken fallen gelassen. An heiteren Tagen wurden die Apparate meist 3 Stunden, an weniger hellen Tagen bis fünf Stunden exponirt, während welcher Zeiten genügende Kohlensäuremengen zersetzt werden, um hinreichende Genauigkeit der Analysen zuzulassen. Zudem mochte ich keine allzu kohlensäurereiche Luft anwenden und bei längerer Expositionszeit hätte im weissen Licht alle Kohlensäure zersetzt sein können, was ohnehin einmal ohne mein Wollen vorkam.

Die meisten Versuche wurden mit Blättern von Prunus laurocerasus, nächstdem mit Oleanderblättern angestellt, vereinzelt auch mit Blättern von Senecio vulgaris, Convallaria latifolia und Tinnantia undata. Immer nahm ich nur ganz lebenskräftige Blätter und zu einem vergleichenden Versuche nur solche, die in Grösse und Farbenton möglichst vollkommen übereinstimmten und im Gewicht um nicht mehr als 5 Centigr. differirten. Nahm auch das Aussuchen solcher Blätter einige Zeit in Anspruch, so dürfte doch die zufriedenstellende Uebereinstimmung in meinen Versuchen zum guten Theil der auf die Auswahl der Blätter gerichteten Sorgfalt zu danken sein.

Die *spektroskopische Prüfung* der farbigen Flüssigkeiten geschah in direkter Sonne und zwar auch in der Glocke selbst, in welcher sie zur Anwendung kamen, indem das Rohr eines Spektroskopes in diese geschoben wurde.[1] Die so erhaltenen Spektra sind unten angegeben und in nebenstehendem Täfelchen übersichtlich zusammengestellt. Es wurde hier der sichtbare Theil des Sonnenspektrums siebenmal untereinander gestellt und bei jeder der bezeichneten Flüssigkeiten der absorbirt werdende Theil der Strahlen verdunkelt. Zur Orientirung sind die bekannteren Frauenhoferschen Linien eingetragen.

1) Es wurde hierzu das von Sachs (Experimentalphys. p. 7) beschriebene und abgebildete Spektroskop benutzt.

1) Doppeltchromsaures Kali in fast gesättigter Lösung. Roth, Orange und Gelb gehen ungeschwächt hindurch, auch das Grün bis *E b* ist noch

Fig. 2.

ziemlich lichtstark, wird aber von da ab merklich geschwächt und endet etwa in der Mitte zwischen *E b* und *F* ganz, so dass das dem Blau unmittelbar angrenzende Grün absorbirt wird. Photographisches Papier wird hinter dieser Lösung fast gar nicht verändert.[1])

2) Kupferoxydammoniak in ziemlich concentrirter Lösung lässt Blau und die stärker brechbaren Strahlen hindurch, auch das dem Blau unmittelbar angrenzende Grün bis etwa in die Mitte von *E b* und *F*, dieses jedoch mit sehr merklicher Lichtschwächung. Die schwächer brechbaren Strahlen des sichtbaren Sonnenspektrums fehlen, nach Desains[2]) passiren aber wieder viele dunkle Wärmestrahlen. Photographisches Papier schwärzt sich hinter dieser Lösung so schnell wie an der Sonne.

3) Anilinroth (von Marquart in Bonn) in alkoholischer Lösung. Roth und Orange bis zur Natronlinie passiren ohne merkliche Lichtschwächung. Das ganze übrige sichtbare Spektrum fehlt, ebenso die ultravioletten Strahlen, da photographisches Papier auch nach $^1/_1$ Stunde unverändert bleibt.

4) Orsellin, der Farbstoff der Orseille, in Wasser mit ein wenig Ammoniak gelöst. Diese Flüssigkeit absorbirt in der angewandten Concentration alle gelben Strahlen, ausserdem ein wenig Orange und noch weniger Grün. An der Natronlinie beginnt ein ganz scharf abgesetzter dunkler Absorptionsstreifen, der sich über das ganze Gelb erstreckt; das Grün ist bis *E* ein wenig abgeschwächt, weiterhin aber, wie auch die anderen

1) Vgl. Sachs, Bot. Ztg. 1864, p. 358.
2) Compt. rendus 24. Mai 1870.

Strahlen des Spektrums sehr lichtstark. Photographisches Papier schwärzt sich so schnell wie am Sonnenlicht.

5) Anilinviolett, röthlich (von Marquart) in Alkohol gelöst. Das ganze Roth und das Orange bis zur Natronlinie sind sehr lichtstark, an der *D* Linie beginnt aber ein sehr scharf begränzter dunkler Absorptionsstreifen, welcher alle gelben und grünen Strahlen wegnimmt. Gegen das Blau hin ist dieser dunkle Streifen nicht so scharf abgegränzt, da das dem Grün unmittelbar angrenzende Blau bis etwa *F* etwas geschwächt ist; das übrige Blau und die stärker brechbaren Strahlen gehen wieder ohne merkliche Absorption hindurch. Photographisches Papier wird ungefähr ebenso schnell wie am Sonnenlicht verändert.

6) Chlorophyllösung in Alkohol. Diese wurde aus einigemal mit Wasser ausgekochten jüngeren Weinblättern dargestellt. Zu vier Versuchen wurde unentfärbte Lösung angewandt, zu einem eine solche, welche im Sonnenlicht eine bräunliche Farbe anzunehmen begonnen hatte. Beim Verfärben einer Chlorophyllösung durch Sonnenlicht nehmen die Absorptionsstreifen an Breite ab, sonst findet aber keine besonders auffallende Veränderung des Spektrums statt. [1]) Die von mir angewandte verfärbte Chlorophyllösung war durch freiwilliges Verdunsten des Alkohols auf eine solche Concentration gebracht, dass die Breite der Absorptionsstreifen der der grünen Lösung, welche ich anwandte, möglichst entsprach. Mit derselben frischen grünen Lösung wurden jedesmal nur zwei Versuche gemacht und dann eine neue und gleich concentrirte Lösung in die Glocke gefüllt. Nach Beendigung eines Versuches wurde die Glocke jedesmal sofort aus der Sonne entfernt und ins Dunkle gebracht.

Bei der hier benutzten Chlorophyllösung wird die brechbarere Seite des Spektrums ziemlich genau bis *F* weggenommen, nur ganz wenig Blau wird nicht absorbirt. In dem minder brechbaren Theil des Spektrums treten drei Absorptionsstreifen auf, von welchen der im Roth liegende breiteste der charakteristischeste ist und nach Askenasy bei allen alkoholischen und ätherischen Chlorophyllösungen wiederkehrt. [2]) Die beiden anderen schmäleren Streifen in Orange und an der Grenze von Gelb und Grün sollen bei allen höheren Pflanzen wenigstens, nach Askenasy ziemlich genau an derselben Stelle sich wiederfinden. Der Absorptionsstreifen im Gelb erreicht bei meiner Lösung nicht die Linie *E*, der im Orange liegt nahe der Natronlinie. Eine Messung der Ausdehnung der Absorptionsstreifen ergab, dass diese ziemlich genau $^1/_4$ von der Ausdehnung des Spektrums zwischen *A* und *F* einnahmen; die einzelnen Streifen im Roth, Orange und Gelb verhielten sich zu einander

1) Askenasy, Bot. Ztg. 1867, p. 228.

2) L. c., p. 227. — Von anderen Arbeiten vgl. z. B. Harting, in Pogg. Annal. Bd. 96, p. 543 (mit Tafel).

wie 8 : 4 : 5.[1] Auch das hindurchgehende Grün, Gelb und Orange sind stark geschwächt und verschwinden bei stärkerer Concentration einer Chlorphyllösung gänzlich, so dass endlich nur das äusserste Roth passirt. Photographisches Papier wurde hinter meiner Lösung nur wenig afficirt.

7) Lösung von Jod in Schwefelkohlenstoff in solcher Concentration, dass auch nicht die geringste Lichtempfindung wahrzunehmen ist, wenn die Glocke so über das Auge gedrückt ist, dass kein seitliches Licht mehr Zutritt hat. Mehr Jod, als gerade nöthig um alle leuchtenden Strahlen der Sonne wegzunehmen, wurde übrigens nicht aufgelöst, da bei einem grossen Ueberschusse nach Tyndall[2] auch dunkle Wärmestrahlen in erheblicher Menge absorbirt werden würden. Nach Tyndall gehen durch eine solche Lösung, wenn dieselbe zwischen Steinsalzplatten eingeschlossen ist 80 bis 90 Procent von der totalen Strahlung einer dunklen Wärmequelle. Für Glasgefässe stellt sich das Verhältniss nicht so günstig, da diese namentlich die Wärmestrahlen grösster Wellenlänge in erheblicher Menge absorbiren.[3] Da nach Melloni durch eine zwischen Glaswänden befindliche 9,21 Mm. dicke Schicht von Schwefelkohlenstoff 63 Procent der totalen Strahlung einer Argandschen Lampe dringen und nach Tyndall Jod für dunkle Wärme so gut wie völlig diatherman ist, so wird durch obige Zahl auch annähernd die Durchlässigkeit nach Auflösen von Jod im Schwefelkohlenstoff bezeichnet.[4] Wasser lässt nach Melloni nur 10, Alkohol nur 15 Procent der totalen Strahlung einer Argandschen Lampe hindurch, wenn es in gleichdicker Schicht wie oben für Schwefelkohlenstoff angegeben, angewandt wird und zwischen Glaswänden befindlich ist. Wie durch die Jodlösung, auch wenn sie zwischen Glaswänden eingeschlossen ist, noch sehr viel dunkle Wärme passirt, zeigen auch Tyndall's Versuche, bei welchen in dem Focus eines Metallspiegels auch dann noch Platinblech erglühte, Magnesiumdraht verbrannte u. s. w., wenn die Strahlen vor ihrer Vereinigung ein mit Lösung von Jod in Schwefelkohlenstoff gefülltes Gefäss durchdringen mussten. (Als Wärmequelle wurde meist elektrisches Licht verwandt.)

---

1) Meine Lösung entspricht so ziemlich der Concentration, welche bei Askenasy (l. c.) durch die mit *f* bezeichnete Curve auf Taf. V, Fig. 1 angegeben ist. Meine Messungen wurden mit einem grossen Steinheilschen Instrument ausgeführt.

2) Die Wärme betrachtet als eine Art der Bewegung, deutsch von H. Helmholtz und G. Wiedemann 1867, p. 373, p. 517 u. besonders der Anhang zum XII. Capitel. Hieraus sind ausser anderen Citaten auch Melloni's Versuche entnommen.

3) Nach Masson u. Jamin gehen durch weisses Glas folgende Wärmemengen des ultrarothen Theiles des Sonnenspektrums: von der Gruppe $0_7 = 0{,}88$; von der Gruppe $0_4 = 0{,}22$; von der Gruppe $0_2 = 0{,}00$. Weiteres in Wüllner's Experimentalphysik, II, 1, p. 335.

4) Nicht genau, weil eine Argand'sche Lampe auch leuchtende Wärmestrahlen liefert.

Temperatur. Schon den älteren Experimentatoren war es bekannt, dass bei zu geringer Temperatur Kohlensäure, auch unter dem Einflusse genügenden Lichtes, von grünen Pflanzentheilen nicht zersetzt wird. Nach den Erfahrungen über Keimen, Ergrünen, Reizbarkeit gewisser Organe u. s. w. ist es kaum zweifelhaft, dass auch die Assimilation nur zwischen einem gewissen, voraussichtlich für verschiedene Pflanzen specifischen Minimum und Maximum der Temperatur möglich sein und dass ein Optimum zwischen diesen beiden Extremen sich finden wird, doch sind keine entscheidenden Versuche in dieser Richtung bis jetzt gemacht worden. Als Cloez und Gratiolet [1]) Wasserpflanzen in 4 C. warmes Wasser brachten, fand auch in direkter Sonne keine Gasausscheidung statt, die erst begann, als die Temperatur auf 15 C. gestiegen war und fortwährend lebhafter wurde, während das Wasser sich auf 30 C. erwärmte. Wurde jetzt wieder abgekühlt, so hörte die Gasausscheidung erst auf, als das Thermometer 10 C. Wassertemperatur anzeigte. Ob hier bei 30 C. das Optimum der Gasausscheidung erreicht war, wie die genannten Autoren vermuthen, ist aus ihren Versuchen nicht zu entnehmen; überhaupt lassen sich zur Entscheidung dieser Frage Wasserpflanzen, der mit der Temperatur sich ändernden Absorptionscoefficienten und Ausdehnung der Gase halber, nicht wohl verwenden.

Meine Absicht war es nicht die Abhängigkeit der Assimilation von der Temperatur zu untersuchen, was zudem gleichzeitig bei meinen Versuchen nicht wohl auszuführen war und beschränkte ich mich desshalb die in den mit verschiedenfarbigen Medien gefüllten Glocken herrschenden Temperaturen zu bestimmen. Es geschah dieses mit in $^1/_{10}$ C. getheilten, unter sich übereinstimmenden Thermometeren, deren cylindrische Quecksilbergefässe berusst waren, indem diese in die der direkten Sonne ausgesetzten umgekehrten Glocken geführt wurden. Jedesmal wurde eine mit Wasser und ein oder zwei mit farbigen Medien gefüllte Glocken gleichzeitig vorgenommen und erst nachdem diese bereits einige Stunden lang der Sonne ausgesetzt worden waren, begann die Ablesung der Thermometer. Das Mittel ist dann immer aus je 9 Temperaturbeobachtungen, während welcher die drei Thermometer dreimal gewechselt wurden, für jedes Medium gezogen. Für die verschiedenfarbigen Flüssigkeiten wurden die vergleichenden Temperaturbestimmungen nicht an denselben, immer aber an sehr hellen Tagen vorgenommen, an welchen Temperaturen zwischen 27 und 38 C. notirt wurden. Da also die beobachteten Thermometerstände nicht ohne weiteres unter sich vergleichbar sind, so beschränke ich mich darauf in dem folgenden Täfelchen die Werthe zusammenzustellen, welche sich aus den gefundenen Mittelzahlen ergeben, wenn einmal die hinter einer mit Wasser gefüllten Glocke

1) Annal. d. Chim. et de Phys. 3 sér, tom. 32, 1851, p. 53. — Faucompret's Versuche, in denen sogar eine Formel zur Berechnung der bei verschiedener Temperatur u. s. w. zersetzt werdenden Kohlensäure aufgestellt wird, übergehe ich. Dieselben finden sich in Cmpt. rendus, 1864, T. 58, p. 334 ff.

beobachtete Temperatur gleich 100, das anderemal die an einem frei in der Sonne hängenden Thermometer beobachtete Temperatur gleich 100 gesetzt wird. Letzteres geschah, weil ich bei der Ausführung der Versuche immer die Temperaturen an einem frei in der Luft hängenden Thermometer beobachtete.

Flüssigkeiten mit welchen die Glocken gefüllt waren, (Ausgen. 1. Horizontalreihe).	Die Temperatur in der mit Wasser gefüllten Glocke = 100 gesetzt.	Die Temperatur an einem frei hängenden Thermometer = 100 gesetzt.
Frei hängendes Thermometer	95,40	100,00
Wasser	100,00	104,82
Chrs. Kali	102,83	107,79
Cuoammon	103,32	108,30
Anilinroth	104,48	109,52
Orsellin	101,34	106,22
Anilinviolett	101,34	106,22
Chlorophyll	101,17	106,05
Jodlösung	96,39	101,04

Die Temperaturschwankungen unter den mit verschiedenen Medien gefüllten Glocken, welche ja allein bei meinen vergleichenden Untersuchungen in Betracht kommen, betragen also im höchsten Falle $4^1/_2$ Procent, was bei den faktisch beobachteten Temperaturen höchstens $1^1/_2$ C. als Differenz ergibt. Da beim Keimen u. a. solche Schwankungen nur wenig ausmachen, wenn es sich um Temperaturen, die in der Nähe des Optimums liegen, handelt, so ist ein Gleiches auch für die Assimilation zu erwarten. Die bei den Versuchen herrschende Wärme war ja aber immer eine sehr beträchtliche, die möglicherweise zuweilen selbst das Optimum überschreiten konnte, gewiss wenigstens immer das jedenfalls ziemlich tief liegende Minimum um Vieles übertraf. Wenn nun auch vielleicht die Temperaturdifferenzen einigen Einfluss auf die Menge der zersetzten Kohlensäure haben konnten, so war dieser doch jedenfalls nur gering und verschwand in den Mittelzahlen theilweise oder ganz, da ja an den verschiedenen Versuchstagen die Temperaturen für dasselbe Medium ungleich hohe waren, vielleicht sogar einmal über, ein anderesmal unter dem Optimum lagen.

An ungleich hellen Tagen dürften die relativen Temperaturen für gleiche Medien wohl etwas verschieden ausfallen und vermuthlich stellen sich die Differenzen an weniger heiteren Tagen etwas geringer, als in den oben zusammengestellten Werthen heraus, welche nach Beobachtungen an direkter Sonne berechnet wurden. Ich habe wohl nicht nöthig daran zu erinneren, dass die Thermometerablesungen die Temperatur eines Blattes nicht angeben; diese ist selbst im dampfgesättigten Raum nach einigen Beobachtungen geringer, als die Temperatur welche geschwärzte Thermometer in demselben Raume anzeigen.

Man sieht, dass in der mit Wasser gefüllten Glocke die Temperatur höher als an einem freihängenden Thermometer ist. Dies kann aber nicht auffallend sein, denn bei der Glocke fallen ja die Strahlen auf eine cylindrische Fläche und werden zum grossen Theil gebrochen und in das Innere der Glocke gelenkt, wobei freilich beim Passiren des Wassers sehr viele dunkle Wärmestrahlen absorbirt werden. Die Temperaturen wurden ja aber immer erst abgelesen nachdem die Glocken längere Zeit an der Sonne gestanden, das Wasser sich also stark erwärmt hatte und nun wurde natürlich von den Glaswänden, respektive dem Wasser, Wärme in das Innere der Glocke gestrahlt und vermittelst Leitung durch die Luft dem Thermometer mitgetheilt. Ferner dürfte auch die von dem cylindrischen, berussten Quecksilbergefäss ausgestrahlte Wärme in Betracht zu ziehen sein, welche für ein freihängendes Thermometer verloren geht, an dem in die Glocke gesenkten aber nicht, da sie entweder von dem Glas oder Wasser absorbirt oder reflektirt wird und also dann zu dem Quecksilbergefäss zurückgelangt, wenn sich dieses in der Mitte der cylindrischen Glocke befindet. Die farbigen Medien absorbiren aber auch mehr oder weniger viel von der leuchtenden Wärme und wenn desshalb auch weniger Wärmestrahlen der Sonne direkt hindurchgehen, so wird doch voraussichtlich die Temperatur der Flüssigkeit sich erhöhen und eine Vermehrung der geleiteten und ausgestrahlten Wärme das Thermometer höher steigen machen. So dürfte sich die höhere Temperatur in den farbigen Glocken erklären und auch die Jodlösung bildet keinen Wiederspruch. Diese absorbirt alle leuchtende, aber nur einen geringen Theil der dunklen Wärme und da letztere etwa das doppelte von der leuchtenden Wärme im Sonnenspektrum ausmacht, so wird sich die Temperatur der Flüssigkeit wohl niederer stellen, weniger Wärme also durch Leitung und Strahlung von dieser aus dem Thermometer zugeführt werden. Auf diese Andeutungen der wahrscheinlichen Ursachen, welche zu den hinter verschiedenen Medien ungleich hohen Temperaturen Veranlassung geben, kann ich mich hier beschränken, ausführliche Untersuchungen über diesen Punkt, die auch die Wärmecapacität in Rechnung zu ziehen hätten, gehören nicht hierher und sind zudem Sache eines Physikers. So ganz einfach ist der behandelte Gegenstand übrigens nicht, da z. B., wie Desains [1]) zeigte, durch Kupferoxydammoniak ziemlich viel dunkle Wärme dringt; dies ist vielleicht auch die Ursache wesshalb in der mit dieser Flüssigkeit gefüllten Glocke die Temperatur geringer als für Anilinroth gefunden wurde, welches doch ungleich weniger leuchtende Wärme absorbirt.

1) Compt. rendus 1870, Sitz. vom 2. Mai.

Die Vermehrung organischer Substanz im Pflanzenreich, in der Natur überhaupt, ist ausschliesslich an die Anwesenheit des Chlorophylls gebunden,[1] denn nur dieses vermag unter dem Einfluss des Lichtes aus den Elementen der Kohlensäure und des Wassers unter Abscheidung von Sauerstoff organische Verbindungen zu erzeugen. Die letzten Zweifel, welche Th. de Saussure in dieser Beziehung noch hegen konnte, gegründet auf das auch von Corenwinder bestätigte Factum, dass gewisse rothgefärbte Blätter auch Kohlensäure zersetzen, fallen mit dem von Cloez[2] gelieferten Nachweis, dass dies nur der Anwesenheit des Chlorophylls in den fraglichen Blättern zuzuschreiben ist. In welcher Weise nun das Chlorophyll thätig ist, um so resistente Verbindungen wie Kohlensäure und Wasser zu zerreisen und in neuer Weise die Atome von deren Elementen zu gruppiren, ist zur Zeit völlig dunkel; das aber ist gewiss, dass Assimilation[3] nur unter Mitwirkung des Lichtes möglich ist. Aus den vorhin behandelten Arbeiten ist bereits bekannt, dass besonders die minder brechbaren Strahlen des sichtbaren Spektrums die Zersetzung der Kohlensäure einzuleiten, die stärker brechbaren Strahlen hingegen nur sehr wenig zu leisten vermögen. Auch wurde bereits von einigen Autoren die Wirkung einzelner Spektralfarben auf die Assimilation zu bestimmen gesucht, ohne dass indess, wie die Kritik der einschlägigen Arbeiten zeigte, genügend zuverlässige Werthe gewonnen wurden. Dies habe ich durch meine Untersuchung zu erreichen und zugleich eine von meinen Vorgängern noch nicht berührte Frage zu beantworten gesucht, ob nämlich die Spektralfarben in ihrer Vereinigung im gemischten Licht mehr bei der Assimilation zu leisten vermögen, als wenn sie getrennt zur Einwirkung kommen. Ehe ich jedoch an die Behandlung dieser Hauptfragen gehe, wende ich mich zuvor zu einigen anderen Resultaten, die entweder beiläufig bei der Ausführung der Versuche gewonnen wurden, oder deren Kenntniss möglicher Fehlerquellen halber nothwendig war.

Assimilationsversuche mit an Kohlensäure ärmerer und reicherer Luft.

Die Landpflanzen nehmen wohl gewiss den grössten Theil der bei der Assimilation verbraucht werdenden Kohlensäure aus der Luft, sicher wenigstens ist, dass sie ganz allein aus dieser Quelle ihren Bedarf zu decken vermögen.[4] So dünn auch die Kohlensäure in dem Luftmedium gesäet ist, — es enthält 0,0004 — 0,0005 dieses Gases dem Volumen nach — so ist

---

1) Ausführliches darüber bei Sachs, Experimtphys. § 37 u. § 88.

2) Cloez in Cmpt. rendus 1863, p. 834. — Es gilt gleiches auch für die Farbstoffe der Algen; Rosanoff in Cmpt. rendus 1866, 9. April.

3) Ich gebrauche diesen Ausdruck in dem engeren Sinne wie Sachs Experimtphys., p. 18, Anmerk. 2 und Lehrb. II. Aufl. § 6.

4) Sachs, Experimentphys., p. 127.

doch zur Zeit keine Thatsache bekannt, welche dazu nöthigte, dem Chlorophyll eine besondere attractive oder condensirende Wirkung auf die Molecüle dieses Gases zuzuschreiben.[1] So lange das aber nicht der Fall ist, ist es gerechtfertigt, sich an die gewöhnlichen Diffusionsgesetze zu halten und nur in der Summirung eines Prozesses das Geheimniss zu suchen, vermöge welchem solche kolossale Kohlensäuremengen dem Chlorophyll zugeführt werden, die nöthig sind, um so erhebliche Quanta organischer Substanz zu bilden, von welcher das Trockengewicht ja selbst nur den zur Athmung nicht verbrauchten Theil repräsentirt.[2]

Ob eine Pflanze in kohlensäurereicherer Atmosphäre energischer zu assimiliren vermag, als in atmosphärischer Luft, ist bisher noch nicht untersucht. Diese Frage hat ein hohes Interesse, namentlich auch für die Paläontologie, lässt sich aber definitiv nicht wohl anders entscheiden, als durch Vergleich der Assimilationsthätigkeit in gewöhnlicher und einer nur wenig mehr Kohlensäure enthaltender Luft. Eine solche Untersuchung ist mit den von mir angewandten Apparaten unmöglich; die Frage in dieser Form berührt auch meine Versuche nicht, für die ich indess wissen musste, ob gleiche Mengen Kohlensäure zersetzt werden, gleichviel ob der Luft etwa

---

1) Versuche welche ich in dieser Richtung anstellte, scheiterten an unvorhergesehenen Umständen. Meine Absicht war aus einer grösseren Anzahl von Blättern alle eingeschlossenen Gase durch reines Wasserstoffgas zu verdrängen, nun das Volumen des Gases im Apparate zu bestimmen und den Zutritt bekannter Mengen reiner Kohlensäure zu gestatten. Die Apparate, deren Beschreibung keinen Werth hat, erlaubten eine Volumenänderung von $^1/_{20}$ Cub. C. mit aller Genauigkeit abzulesen. Die Entfernung einer jeden nachweisbaren Menge von Sauerstoff und Kohlensäure aus den Blättern gelang zwar unter geeigneten Vorsichtsmassregeln im Laufe von etwa 12 Stunden, aber wenn jetzt die Blätter in reinem Wasserstoffgas stehen blieben, so machte sich schon nach einer Stunde eine geringe Zunahme des Gasvolumens bemerkbar, die sich bei Anwendung von etwa 30 Grmm. Hollunderblättern im Laufe von 12 Stunden bis zu 6 C. C. steigerte. Ein Durchleiten durch Barytwasser zeigte, dass eine sehr grosse Menge von Kohlensäure jetzt im Apparate vorhanden war. Als nun wieder durch reines Wasserstoffgas alle Kohlensäure verdrängt worden war, hatte nach 12 Stunden das Gasvolumen von Neuem in etwa gleichem Maasse zugenommen und wieder zeigte Barytwasser Kohlensäure in Menge an; ebenso als das Verdrängen der Kohlensäure durch Wasserstoffgas zum drittenmale vorgenommen worden war. Ob die ganze Volumenzunahme auf Kohlensäure fiel, habe ich nicht zu bestimmen gesucht, doch waren jedenfalls die Mengen gebildeter Kohlensäure so erheblich, dass dieses wohl möglich ist. Bei der Art und Weise der Ausführung der Versuche kann die Kohlensäurebildung nur durch Zerfallen organischer Verbindungen, in Kohlensäure und sauerstoffärmere Verbindungen möglich sein, bezeichnet also vielleicht schon einen Verwesungsprozess. Dabei ist aber bemerkenswerth, dass nach 24 Stunden wenigstens, wie mich ein Versuch belehrte, die in Wasserstoff aufbewahrten Blätter noch ansehnliche Kohlensäuremengen am Lichte zu zersetzen vermögen, eine Fähigkeit die nach 36 Stunden auf ein Minimum reduzirt ist. Ueber die Asphyxie der Blätter vgl. Boussingault Cmpt. rendus 1865, p. 610 ff). — Mit Blättern von Prunus laurocerasus wurden ganz ähnliche Resultate, wie mit Blättern von Sambucus nigra gewonnen.

2) Vgl. Sachs, Lehrbuch, 2. Aufl. p. 581.

1 oder 12 Procent dieses Gases beigemengt sind. Denn wenn auch ursprünglich in jedes Versuchsrohr gleiche Quantitäten von Kohlensäure dosirt waren, so wurden doch unter verschiedenen Expositionsbedingungen ungleiche Mengen zersetzt und wenn die Energie der Assimilation mit Zu- oder Abnahme des Kohlensäuregehaltes der Luft sich änderte, so war in allen Fällen eine Fehlerquelle für vergleichende Untersuchungen gegeben, gleichviel ob mit sinkendem Kohlensäuregehalt mehr oder weniger Gas zersetzt wurde.

Auch für die zuletzt gestellte Frage fehlen sichere Angaben, wenn man von einer allgemein gehaltenen Aeusserung Saussure's, dass eine 8 Procent Kohlensäure enthaltende Luft für die Assimilation besonders opportum sei, absieht. Durch Boussingault [1]) wissen wir nur, dass in reiner Kohlensäure der Zersetzungsprozess sehr gehemmt wird und dass die Kohlensäure um eine kräftige Assimilation zu gestatten, mit irgend einem indifferenten Gase gemengt sein muss. Aber Boussingault nahm hier mit 30 Procent und mehr Kohlensäure gemengte Luft, oder auch an Stelle dieser letzteren ein anderes Gas, ohne die Möglichkeit ins Auge zu fassen, dass mit weiter sinkendem Kohlensäuregehalt der Zersetzungsprozess noch lebhafter werden könne; eine Frage, die zu beantworten auch gar nicht in der Absicht dieses trefflichen Experimentators lag.

Die wenigen umstehenden Versuche sind für unsere speciellen Zwecke wenigstens ausreichend. Wir sehen bei dem zweiten Versuche zweimal zufällig ganz gleiche Mengen Kohlensäure zersetzt, obgleich das einemal die Luft mit 10,2, das andermal mit 18,7 Procent jenes Gases gemengt war. Auch bei 39 Procent Kohlensäuregehalt finden wir in den beiden Versuchen fast gleiche Mengen Kohlensäure, wie bei einem an diesem Gase ärmeren Gemische zerlegt. Die ein wenig schwächere Assimilationsthätigkeit, welche freilich beide Versuche übereinstimmend zeigen, erlaubt auf diese allein hin noch keinen Schluss, doch wäre es ja möglich, dass in so kohlensäurereicher Atmosphäre die Zersetzungskraft eines Blattes bereits ein wenig vermindert wird.

I. Versuch, 3. August.

Blätter von Prunus laurocerasus von 17 C. Q. Fläche und 0,7 C. C. Volumen wurden zwei Stunden lang exponirt.

Vor Exposition.		Nach Exposition.	
G. Vol. = CO^2 + Luft. C. C.	Kohlensäuregehalt in %. C. C.	G. Vol. = CO^2 + Luft. C. C.	Vom 17 C. Q. in 2 Std. zersetzte CO^2. C. C.
71,59 = 6,26 + 65,33	8,74	71,31 = 2,80 + 68,51	3,46
68,77 = 27,00 + 41,77	39,26	68,69 = 23,89 + 44,80	3,11

1) Compt. rendus, 1865, T. 60, p. 879; Agronomie, Chimie agricole et Physiologie Bd. IV, 1868, p. 269 ff.

II. Versuch, 4. August.

Mit Blättern von Prunus laurocerasus à 18 C. Q. Fläche und 0,9 C. C. Volumen, die 2 Stunden lang exponirt wurden.

Vor Exposition.		Nach Exposition.	
G. Vol. = CO^2 + Luft. C. C.	Kohlensäuregehalt in %.	G. Vol. = CO^2 + Luft. C. C.	Von 18 C. Q. in 2 St. zersetzte CO^2. C. C.
71,50 = 7,28 + 64,22	10,18	71,49 = 3,98 + 67,51	3,30
71,50 = 13,39 + 58,11	18,72	71,54 = 10,09 + 61,45	3,30
68,31 = 26,51 + 41,80	38,81	68,32 = 23,34 + 44,98	3,17

Beide Versuche wurden an ganz sonnigen Tagen vorgenommen und der Zutritt der direkten Sonnenstrahlen zu den Apparaten durch transparente Papierschirme abgehalten. Die Beschränkung der Expositionszeit geschah, um die Veränderung in der Zusammensetzung des Gasgemisches so gering als möglich zu machen.

Die tabellarische Zusammenstellung ist ähnlich, wie bei allen weiterhin aufzuführenden Versuchen gemacht. In der ersten Rubrik steht das Gesammtvolumen des kohlensäurehaltigen Luftgemisches und dessen Zusammensetzung aus Kohlensäure und Luft (G. Vol. = CO^2 + Luft) vor der Exposition, welches wie bei allen anderen Angaben auf 0^0, 1 Meter Druck und Zustand der Trockenheit reduzirt wurde. Das nach der Exposition gefundene Gesammtvolumen und dessen Gehalt an Kohlensäure und Luft ist in gleicher Weise in der zweiten Rubrik zusammengestellt und in der letzten Vertikalreihe steht die zersetzte Kohlensäuremenge, wie alle früheren und späteren gasometrischen Angaben in Cub. C. ausgedrückt. Art und Weise der Berechnung sind im methodologischen Theile angegeben.

Das Gasvolumen vor und nach der Exposition.

Wie aus den am Schlusse dieser Arbeit mitgetheilten Versuchen zu ersehen ist, hat das Volumen des Gasgemenges, in welchem die Blätter assimilirten, nach der Exposition bald um ein Geringes ab-, bald um ein Geringes zugenommen. Das Maximum der Volumenvermehrung wurde zu 0,33 C. C. (4. Versuch), der Volumenabnahme zu 0,56 C. C. (3. Versuch) gefunden und als Mittel von 27 Versuchen mit zusammen 97 Analysen ergibt sich eine Volumenabnahme von 0,096 C. C., ein so geringer Werth, dass also im Durchschnitt das Volumen als invariabel angesehen werden kann. Hiermit stimmen auch Saussure's [1]) und Boussingault's [2]) Versuche

1) Récherches chimiques übers. von Voigt 1805, p. 51 ff.

2) Verschiedene Publikation in Cmpt. rendus 1865 u. 1866. Agronomie, Chimie agricole et Physiologie, Bd. IV, 1868, p. 267 ff.

überein, welche indess doch erheblichere Schwankungen als bei meinen Versuchen gefunden wurden, aufweisen. So wurden von Boussingault Volumenänderungen bis zu 2 C. C. bei einer grossen Anzahl von Experimenten beobachtet, bei welchen das gesammte Volumen des Gasgemenges, in welchem exponirt wurde, ziemlich gleich gross wie bei meinen Versuchen war, [1]) freilich aber meist 20 C. C. und mehr, also dreimal so viel Kohlensäure als bei mir im höchsten Falle, von einem Blatte zersetzt wurde.

Volumenänderungen bis zu 0,56 C. C., wie ich sie beobachtete, sind entschieden zu gross, um als Versuchsfehler angesprochen zu werden und können nur darin ihren Grund haben, dass für die zersetzte Kohlensäure nicht immer ein gleichgrosses Gasvolumen ausgegeben wird. Nach Saussure (l. c.) wird bei der Assimilation für die zerlegte Kohlensäure ein geringeres als gleiches Maass Sauerstoffgas gebildet und die Volumengleichheit durch eine entsprechende Menge von den Pflanzentheilen exhalirten Stickgases herbeigeführt. Dieses Resultat dürfte indess irrig sein und ist vielleicht in einem Fehler des analytischen Theiles der Experimente begründet, denn Boussingault [2]) fand bei seinen mit vervollkommneten Apparaten und Methoden angestellten Versuchen für die zersetzte Kohlensäure immer ein annährend, wenn auch nicht vollkommen gleiches Volumen Sauerstoffgas, bei sowohl in Wasser als in Gasgemengen assimilirenden Pflanzen gebildet. Aus den von Boussingault angestellten Experimenten geht auch hervor, dass bei der Assimilation Stickgas durch Zerfallen organischer Verbindungen nicht entsteht, wie dies ausser Saussure u. a. auch Cloez und Gratiolet [3]) in neuerer Zeit zu beweisen suchten. Hingegen bildet sich nach Boussingault [4]) bei der Kohlensäurezersetzung etwas Kohlenoxydgas mit Spuren von Kohlenwasserstoffgas, was von diesem Autor auch gegenüber den negirenden Versuchen von Cloez [5]) für unter Wasser assimilirende Pflanzentheile festgehalten wurde. Indess dürfte die Quelle dieses Kohlenoxydgases in der von Boussingault befolgten analytischen Methode selbst zu suchen sein, die darin bestand, dass der Sauerstoff mit pyrogallussaurem Kali absorbirt und das zurückbleibende Gas durch Verpuffen mit Wasserstoff weiter analysirt wurde. Bei der Absorption des Sauerstoffs durch pyrogallussaures Kali wird aber nach einer freundlichen Mittheilung des Herrn Professor Carius in

---

1) Es erscheint bei Boussingault allein desshalb grösser, weil dieser nur auf 0,76 Meter Quecksilberdruck reduzirte.

2) Agronomie, Ch. agricole etc. Bd. 3, 1864, p. 266 ff. u. Bd. 4, 1868, p. 267 ff.

3) Annal. d. Chim. et d. Phys. 1851, p. 59. Die Versuche dieser Forscher sind übrigens nicht entscheidend, eben so wenig aber die den atmosphärischen Ursprung von Stickstoff beweisen sollenden von Unger, Sitzb. d. k. k. Akad. zu Wien, 1853, p. 414.

4) Agronomie etc. 1864, Bd. III, p. 382 ff. u. Cmpt. rendus 1863, T. 57, p. 354 ff. u. p. 410 ff.

5) Annal. d. Chim. et d. Phys. 1862 u. Cmpt. rendus 1863 p. 354. — Zu gleichem negativen Resultat kam auch Corenwinder, Cmpt. rendus 1865, p. 102.

Marburg, immer etwas Kohlenoxydgas gebildet, besonders wenn die zu analysirenden Gasgemenge reicher an Sauerstoff als an atmosphärischer Luft sind, was auch bei Boussingaults Experimenten nach Absorption der Kohlensäure der Fall war.

Die Frage, ob immer für die zersetzte Kohlensäure ein annähernd gleiches Volumen Sauerstoff ausgegeben wird, ist indess noch nicht als ganz erledigt zu betrachten. Es ist bis dahin noch nicht darauf Rücksicht genommen, dass bei gewissen Pflanzen auch andere Stoffe als Kohlenhydrate, wenn auch nicht unmittelbare, so doch nächste Produkte der Assimilation möglicherweise sein können. Sollten dieselben aber ärmer an Sauerstoff als an Kohlenhydrate sein, wie z. B. Oel, welches ja nach Nägeli in den Chlorophyllkörnern von Cereus variabilis und Rhipsalis funalis [1]) vorkommt, so würde für die bei der Assimilation zerlegte Kohlensäure nicht ein gleiches, sondern ein grösseres Volumen von Sauerstoffgas gebildet werden müssen, wenn nicht das Plus von Sauerstoff in anderer Weise verwendet wird, was indess nach der Constanz des Volumens in den Fällen wo Kohlenhydrate sich bilden, nicht gerade wahrscheinlich ist. Es wäre dieses dann der umgekehrte Fall als beim Keimen fetthaltiger Samen, die, wie Saussure [2]) zuerst zeigte, viel grössere Volumina von Sauerstoff aufnehmen, als Kohlensäure ausgeben; hier wird das als Reservestoff aufgespeicherte Fett in sauerstoffreichere Verbindungen verwandelt.

In dem umstehenden Täfelchen sind die bei verschiedenen Expositionsbedingungen für die Volumenänderung sich ergebenden Mittelwerthe in der letzten Vertikalreihe zusammengestellt. In der ersten Columne sind die Medien unter welchen exponirt wurde aufgeführt und zwar rangiren dieselben in jeder der drei Versuchsreihen nach der Energie mit welcher Kohlensäure hinter ihnen zersetzt, respektive gebildet wurde; die zweite Vertikalreihe nennt die Zahl der Analysen aus welchen das Mittel gezogen wurde.

Wie man hier sieht nehmen in jeder der Versuchsreihen die Volumendifferenzen mit nachlassender Assimilationsthätigkeit zu, doch lassen sich Schlüsse auf diese Zahlen nicht bauen und verzichte ich desshalb ganz darauf, die möglichen, in den Absorptionsverhältnissen begründeten Ursachen auseinanderzusetzen. Es differiren für die Medien hinter welchen assimilirt wurde, Kupferoxydammoniak ausgenommen, die Mittelzahlen in jeder der Reihen um weniger als 0,05 C. C., eine Gasmenge, welche in meinen Versuchsröhren sich gar nicht ablesen lässt. Wenn es sich aber um so geringe Gasmengen handelt, sind auch die Volumenschwankungen aus denen die obigen Mittelwerthe gezogen wurden, viel zu gross und auch die Volumendifferenzen, welche in jeder der 3 Versuchsreihen für die im gemischten

1) Vgl. Sachs, Physiologie, p. 325.
2) Vgl. Sachs, Physiologie, p. 270.

	Medium unter welchem exponirt wurde.	Zahl der Analysen.	Abnahme (—) oder Zunahme (+) des Volumens nach Expos.
I. Versuchsreihe	Wasser . . .	10	— 0,015
	Chrs. Kali . .	10	— 0,019
	Cuoammon . .	11	— 0,172
	Dunkel*) . . .	4	— 0,237
II. Versuchsreihe	Wasser . . .	12	— 0,099
	Orsellin . . .	12	— 0,113
	Anilinviolett . .	12	— 0,100
	Anilinroth . .	12	— 0,138
III. Versuchsreihe	Wasser . . .	5	+ 0,016
	Chlorophyll . .	5	— 0,026
	Jodlösung*) . .	4	— 0,057

*) Bei diesen Versuchen im Dunkeln und den gleichbedeutenden hinter Jodlösung wurde Kohlensäure gebildet.

Licht, hinter Wasser, angestellten Experimente sich ergeben, zeigen, dass die zunehmende Volumenabnahme mit sinkender Assimilationsthätigkeit, wie sie sich in obigen Zahlen herausstellt, eben so gut ein zufälliges Zusammentreffen sein kann.

Die zersetzten Kohlensäuremengen.

Die Energie der Assimilation ist auch für dieselbe Pflanze an verschiedenen Tagen eine ungleiche. So ergeben sich z. B. für das weisse Licht im Mittel aus 15 Versuchen 6,22 C. C. Kohlensäure, die von einem Kirschlorbeerblatt von 100 C. Q. Fläche in einer Stunde zersetzt worden wären; als Minimum wurden hier 4,27 C. C. (11. Versuch) und als Maximum 8,99 C. C. (26. Versuch) gefunden. Die Assimilationsthätigkeit eines Oleanderblattes ist im Allgemeinen eine lebhaftere; als Mittel aus 7 Versuchen wurden für gleiche Blattfläche und Expositionsdauer wie oben 8,46 C. C., als Minimum 6,47 C. C. (8. Versuch) und als Maximum 11,79 C. C. (18. Versuch) zersetzter Kohlensäure berechnet. Zwar habe ich keine vergleichenden Versuche über die Zersetzungskraft der Blätter von Prunus laurocerasus und Nerium Oleander angestellt, aber mit beiden wurde sowohl an ganz heiteren als minder hellen Tagen experimentirt. Auch ist es ja bereits durch andere Forscher bekannt, dass Blätter verschiedener Pflanzen unter gleichen Bedingungen ungleiche Mengen Kohlensäure zersetzen. Dieses gilt übrigens auch für ungleichalterige Blätter derselben Pflanze; namentlich wissen wir durch Corenwinder, [1]) dass noch in Entfaltung begriffene Blätter zuerst nur athmen und allmälich erst zu assimiliren beginnen. Bei lebhaft

1) Cmpt. rendus 1866, T. 62, p. 342.

vegetirenden und ausserdem auch möglichst gleichartiger Blätter derselben Pflanze machen sich meist nur kleinere indivuelle Unterschiede in der Assimilationsthätigkeit geltend und im Allgemeinen ist die zersetzte Kohlensäuremenge den Blattflächen proportional. Dieser bereits von Saussure ausgesprochene, von Boussingault[1]) in neuerer Zeit durch Experimente belegte Satz, ist natürlich nicht im streng mathematischen Sinne aufzufassen, doch liegt in ihm die Berechtigung, die von verschieden grossen Blättern gleicher Pflanzen zersetzten Kohlensäuremengen des Vergleichens halber auf eine als Einheit angenommene Blattfläche zu berechnen.

Schon den älteren Autoren war es bekannt, dass die Kohlensäurezersetzung bei einem gewissen Minimum der Beleuchtung aufhört und weiter hat unsere Kenntniss über die Abhängigkeit der Assimilation von der Helligkeit auch bis jetzt eigentlich noch nicht gedeihen können, da der Mangel einer brauchbaren photometrischen Methode hemmend in den Weg tritt. Nach A. v. Wolkoff[2]) soll die Ausscheidung der Gase aus Wasserpflanzen direkt proportional der Lichtintensität sein; die Gasausscheidung fasst aber Wolkoff als einen der Assimilationsenergie ganz proportional zu- oder abnehmenden Prozess auf. Die Versuche dieses Autors schliessen aber durchaus nicht aus, dass es ein Optimum der Beleuchtung gibt, wie es bereits für die Bewegungserscheinungen von Chlamidomonas, Euglena und Oscillatorien und für das Ergrünen höherer Pflanzen durch Famnitzin[3]) bekannt ist, dass Licht mittlerer Intensität am energischsten wirkt. Eines aber geht freilich aus Wolkoff's Versuchen hervor, dass nämlich das Optimum der Helligkeit, wenn ein solches für die Assimilation wirklich existirt, sehr hoch liegen muss und selbst nicht an sehr heiteren Tagen überschritten wurde. Ein Gleiches ist einem vereinzelten, von mir angestellten und hier mitzutheilenden Versuche zu entnehmen.

Vier Versuchsröhren wurden in bekannter Weise mit gleichgrossen Oleanderblättern und einer kohlensäurereichen Luft beschickt. Eine dieser Röhren wurde der direkten Sonne exponirt, während die anderen durch ein, zwei oder drei Lagen eines sehr dünnen Seidenpapiers gedämpftes Sonnenlicht empfingen. Aus dem Seidenpapier waren Cylinder zusammengewickelt, welche in gleicher Weise wie die mit farbigen Medien gefüllten Glocken über die Versuchsröhren gestülpt wurden. Der Versuch wurde an einem sehr heiteren Tage, den 3. August ausgeführt, an welchem während der zweistündigen Expositionszeit, von 9 Uhr 40 Minuten bis 11 Uhr 40 Minuten, die Sonne ununterbrochen die Apparate beschien und ein frei an der Sonne hängendes Thermometer 29 bis 31° C. zeigte. Wie man aus der umstehenden Zusammenstellung des Versuches sieht, ist in direkter

1) Cmpt rendus 1866, T. 63, p. 708; Agronomie, Ch. agricole etc. B. IV, p. 359 ff.
2) Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. V, p. 20.
3) Jahrb. f. wiss. Bot. VI, p. 20, 31 u. 48.

Sonne am meisten, in dem durch drei Lagen Seidenpapier gedämpften Sonnenlicht am wenigsten Kohlensäure zersetzt worden.

	Vor Exposition. G. Vol. = CO^2 + Luft. C. C.	Nach Exposition. G. Vol. = CO^2 + Luft. C. C.	Von 20 C. Q. in 2 Stunden zersetzte CO^2. C. C.
Direkte Sonne	72,76 = 8,49 + 64,27	72,63 = 2,79 + 69,84	5,70
Eine Papierlage	72,22 = 8,30 + 63,92	72,26 = 3,35 + 68,91	4,95
Zwei Papierlagen	72,87 = 8,07 + 64,80	72,92 = 3,72 + 69,20	4,35
Drei Papierlagen	73,02 = 8,82 + 64,20	73,08 = 4,59 + 68,49	4,23

Die Assimilationsthätigkeit im farbigen Licht.

Die Methode der vergleichenden Untersuchungen über die Wirkung des farbigen Lichtes wurde bereits auseinandergesetzt. Bei jedem Versuche wählte ich immer Blätter von gleichgrosser Blattfläche, die ausserdem auch ihrem Gewicht und Colorit nach möglichst vollkommen übereinstimmten. Waren diese Blätter in die kohlensäurereiche Atmosphäre der Versuchsröhren gebracht, so wurden sie unter den mit verschiedenen Flüssigkeiten gefüllten Glocken immer gleich lange und bei gleicher Insolation exponirt. In jeder der Versuchsreihen war eine Glocke mit Wasser gefüllt, um mit Hülfe der im weissen Licht zersetzten Kohlensäure die hinter den farbigen Medien zu verschiedenen Zeiten erhaltenen Resultate untereinander vergleichen zu können. Da ich die im gemischten Lichte zersetzte Kohlensäure gleich 100 setzte, so drücken die für die farbigen Flüssigkeiten sich berechnenden Werthe die Zersetzungskraft der durchgelassenen Strahlen in Procenten aus. In den wenigen Fällen wo Kohlensäure sich bildete, wurde in gleicher Weise verfahren, die procentischen Werthe sind hier nur negativ zu nehmen; sie sind in dem folgenden Täfelchen durch cursiven Druck

	Zahl der Analysen.	Procentische Mittelwerthe. a) für zersetzte CO^2.	Die Extreme.
Wasser . . .		100	
Chrs. Kali . .	10	88,6	79,2 — 98,7
Cuoammon . .	11	7,6	4,5 — 10,1
Orsellin . . .	10	53,9	48,0 — 62,8
Anilinviolett . .	10	38,9	30,4 — 46,9
Anilinroth . .	10	32,1	25,1 — 28,4
Chlorophyll . .	5	15,9	10,5 — 20,1
		b) für gebildete CO^2.	
Dunkel . . .	4	*13,2*	*10,0 — 17,2*
Jodlösung . .	4	*14,1*	*11,1 — 16,4*

ausgezeichnet. In diesem sind die berechneten procentischen Mittelwerthe, die Zahl der Analysen, aus welchen das Mittel entnommen wurde und die gefundenen Extreme zusammengestellt. Die detaillirten Belege bitte ich am Schlusse dieser Abhandlung nachzusehen.

Die immerhin erhebliche Amplitude der Extreme, welcher wir in der letzten Vertikalreihe begegnen, ist nicht in einem Fehler der Methode begründet, sondern liegt in der Natur der Sache. Neben anderen schwer zu bemessenden Umständen dürfte ganz besonders die individuell verschiedene Assimilationsfähigkeit der Blätter in Betracht kommen, die auch mit aller nur erdenklichen Sorgfalt als Fehlerquelle nicht zu beseitigen ist. Man sieht aber, was wichtig ist, dass die Mittelwerthe ziemlich genau mitten zwischen den Extremen liegen und auch die Zahl von 10 Analysen, welche mit allen den farbigen Flüssigkeiten unternommen wurden, aus welchen die Wirkung einzelner Spektralfarben abgeleitet werden sollte, bürgt für eine zu unseren Zwecken ausreichende Genauigkeit der mittleren Werthe, wofür wir auch noch weitere Garantien im Verlaufe unserer Betrachtungen finden werden. Bei den Versuchen im Dunkeln und hinter Jodlösung kam es nicht auf Gewinnung sehr genauer Werthe an und reichten hier, ebenso wie für Chlorophyll auch schon eine geringere Zahl von Experimenten aus. Die angestellten Analysen sind ausnahmslos am Ende dieser Abhandlung mitgetheilt und nur zwei, die Versuche 21 und 22 wurden bei der Berechnung der Mittelzahlen nicht verwendet. In diesen ist aber, wie man seines Ortes sehen kann, nur der für Anilinroth im Versuch 21 gefundene Zersetzungswerth fehlerhaft ausgefallen.

Wie aus früherer Beschreibung und Darstellung zu ersehen ist, waren die Lösungen von chromsaurem Kali und Kupferoxydammoniak so regulirt, dass das Spektrum durch dieselben in zwei Hälften getheilt wurde; Kupferoxydammoniak liess die violetten und blauen und einen geringen Theil der grünen Strahlen, chromsaures Kali die anderen minder brechbaren Strahlen des Spektrums hindurch. Addiren wir die hinter den beiden Medien zersetzten und in Procenten ausgedrückten Kohlensäuremengen, so dürfen wir erwarten als Summe 100 zu erhalten. In der That finden wir 96,2, eine Zahl die an und für sich schon unsere Erwartung bestätigt und durch den Ausfall von 3,8 nur für die Genauigkeit der erhaltenen Resultate spricht. Denn wie schon früher gesagt, ist alles durch die blaue und ebenso ein Theil des durch die gelbe Lösung gehenden Grüns merklich geschwächt, die im farbigen Medium absorbirten Strahlen sind aber natürlich für den Zersetzungsprozess der Kohlensäure verloren. Ebenso ist es nicht unwahrscheinlich, dass in den farbigen Flüssigkeiten auch einige von den Strahlen zurückgehalten werden, welche scheinbar ohne Schwächung dieselben durchdringen.

Wie es ja schon aus früheren Arbeiten bekannt ist, finden wir auch hier wieder die minder brechbaren Spektralfarben als die bei der Assimi-

lation fast allein wirksamen, die ihrer energischen Wirkung auf Chlorsilber halber als »chemische« getauften Strahlen, aber bei diesem doch auch chemischen Prozesse nur sehr wenig, nicht einmal $^1/_{12}$ jener leisten.

Um mich zu vergewisseren, ob bei einer längere Zeit dauernden Einwirkung der blauen und violetten Strahlen die Assimilationsthätigkeit eines Blattes vielleicht ganz sistirt oder wenigstens beeinträchtigt werde, wurden die im Versuch 6 und 7 aufgeführten Experimente angestellt. Im ersteren Falle wurden zwei gleiche, mit Kupferoxydammoniak gefüllte Glocken angewandt, unter die eine wurde ein Blatt gebracht, welches bis zum Beginn des Versuches von der Sonne insolirt worden war, unter die andere ein gleiches Blatt, welches vor Beginn der Exposition bereits vier Stunden lang nur die durch Kupferoxydammoniak passirende Strahlen empfangen hatte. Der Erfolg zeigte, dass beide Blätter ungefähr gleichgrosse Mengen Kohlensäure zerlegt hatten. Beim 7. Versuch wurden die Kirschlorbeerblätter von Zweigen genommen, welche bereits sieben Tage zuvor abgepflückt und in Wasser gestellt worden waren. Der eine dieser Zweige hatte während dieser Zeit frei hinter einem Fenster gestanden, von den zwei anderen hatte aber der eine nur die durch chromsaures Kali, der andere nur die durch Kupferoxydammoniak dringenden Strahlen empfangen. Erst unmittelbar vor Beginn des Versuches wurden die Blätter abgepflückt und dieselben dann in demselben Lichte, welches sie bisher erhalten hatten, exponirt. Auch hier wurden hinter Kupferoxydammoniak sowohl, als hinter chromsaurem Kali relativ gleiche Mengen von Kohlensäure zersetzt, als bei anderen Experimenten, bei welchen die Blätter vor Beginn des Versuches von der Sonne insolirt worden waren. Also selbst bei siebentägigem Verweilen in blauem Lichte hatte die Zersetzungskraft eines Blattes nicht gelitten. Dasselbe gilt für das hinter chromsaurem Kali gestandene Blatt und zudem zeigt unser Versuch auch noch, dass ein Blatt, mit nur einem Aestchen vom Stamme getrennt, auch nach sieben Tagen seine Assimilationsthätigkeit nicht eingebüsst hat, wenn ihm mittlerweile nur genügende Menge von Feuchtigkeit zugeführt wird. Gleiches hat übrigens Boussingault bereits durch speciell auf diesen Punkt gerichtete Versuche nachgewiesen.

Wie wir sahen wird hinter den Lösungen von chromsaurem Kali und Kupferoxydammoniak, von denen jede etwa die Hälfte des sichtbaren Spektrums hindurchlässt, so viel Kohlensäure wie im gemischten Lichte zerlegt. Wenn es hierdurch auch wahrscheinlich wird, dass jeder einzelnen Spektralfarbe eine spezifische Wirkung auf die Assimilation zukommt, gleichviel ob jene isolirt oder mit anderen Strahlen combinirt zur Wirkung kommt, so sind diese Versuche doch noch nicht entscheidend. Es wäre bei der geringen Bedeutung der blauen und stärker brechbaren Strahlen für die Assimilation immerhin denkbar, dass die vereinten minder brechbaren Spektralfarben die Zersetzung einer grösseren Kohlensäuremenge einzuleiten vermögen, als wenn die Farben einzeln auf assimilationsfähige Blätter einwirken.

Zwei Wege sind es, die wir bei der Prüfung der Wirkung von Strahlen bestimmter Brechbarkeit auf die Assimilation einschlagen können; entweder wir lassen diejenige Spektralfarbe deren Einfluss auf die Zersetzung der Kohlensäure wir kennen lernen wollen, isolirt auf ein Blatt einwirken, oder wir schliessen die zu untersuchenden Lichtstrahlen aus und gestatten allen übrigen Strahlen des Spektrums den Zutritt. Ausschliesslich der erstere Weg wurde von allen bisherigen Forschern betreten, der letztere würde, wie ja auch für die Nährstoffuntersuchungen, der allein zulässige sein, wenn gewisse Lichtfarben zur Assimilation in einem analogen Verhältniss, wie unentbehrliche Nährstoffe zu dem Wachsthum ständen. Die Entscheidung dieser letzteren Frage ist übrigens nach beiden Untersuchungsmethoden möglich.

Gewiss wäre es der Controlle halber erwünscht gewesen, die Wirkung einzelner Spektralfarben sowohl auf dem direkten zweiten, – als dem indirekten erstgenannten Wege kennen zu lernen, allein der Mangel brauchbarer Flüssigkeiten machte mir dieses unmöglich. So habe ich keine Flüssigkeit finden können, welche allein gelbe oder grüne Strahlen oder auch beide zusammen hindurchlässt und ebenso keine Lösung, welche dem ganzen sichtbaren Spektrum bis auf Roth oder Roth und Orange den Durchtritt gestattet. Indess gibt es mehrere Flüssigkeiten, welche allein rothe und orange Strahlen hindurchlassen, von denen ich die alkoholische Lösung von Anilinroth wählte, weil durch diese die genannten Strahlen mit besonderer Lichtstärke dringen. In Orsellin fand ich einen Körper, dessen geeignet concentrirte Lösung allein die gelben Strahlen mit nur wenig Orangen wegnimmt und im Anilinviolett einen anderen, der die gelben und grünen Strahlen zusammen absorbirt. Die Wirkung der gelben Strahlen auf die Assimilation ergibt sich also als Differenz der hinter Wasser und hinter Orsellinlösung zersetzten Kohlensäure und ebenso lernt man die Wirkung der gelben und grünen Strahlen zusammen durch Vergleich der mit Wasser und mit Lösung von Anilinviolett erhaltenen Resultate kennen. Ist aber so die Bedeutung der gelben und grünen Strahlen zusammen und die der gelben allein für die Assimilation bekannt, so lässt sich auch die Wirkung der grünen Strahlen für sich finden. Die dunklen Absorptionsstreifen der Orsellin- und Anilinviolettlösung reichten bis zur Natronlinie und gerade bis zu dieser Linie liess die angewandte Lösung von Anilinroth die rothen und orangen Strahlen hindurch, welche also direkt geprüft wurden. Die Strahlen welche brechbarer als die grünen sind, kamen bei der Kupferoxydammoniaklösung zur Anwendung, das wenige Grün, was diese Flüssigkeit hindurchlässt ist, wie schon früher gesagt, so lichtschwach, dass es auf die Assimilation jedenfalls nur wenig Einfluss haben kann. Da die blauen, Indigo- und violetten Strahlen zusammen so wenig Kohlensäure zu zersetzen vermögen, so habe ich die Wirkung dieser Spektralfarben nicht einzeln kennen zu lernen gesucht.

In der eben auseinandergesetzten Weise finden wir im Vergleich zum

gemischten Lichte gleich 100, die Wirkung für die gelben Strahlen[1] 46,1, für die grünen und gelben zusammen 61,1 und so stellt sich die Zersetzungskraft der grünen Strahlen allein zu 15 heraus. Diese indirekt gefundenen Werthe, sind mit den direkt für die stärker und schwächer brechbaren Strahlen des sichtbaren Spektrums gefundenen in folgendem Täfelchen zusammengestellt.

Roth und Orange .	32,1	Procent,
Gelb	46,1	,,
Grün	15,0	,,
Blau, Indigo u. Violett	7,6	,,
Summa =	100,8	

Die Summirung der für Strahlen bestimmter Brechbarkeit gefundenen Zersetzungswerthe gibt also fast genau 100, den Zersetzungswerth des gemischten Lichtes. Hieraus folgt aber ganz evident, *dass jede Spektralfarbe eine specifische Zersetzungskraft für Kohlensäure zukommt, die dieselbe bleibt, gleichviel ob die betreffenden Strahlen für sich oder mit anderen combinirt auf assimilationsfähige Blätter einwirken; wenigstens so lange die Beobachtungen auf kurze Zeiten ausgedehnt ist.* Schon durch die mit Kupferoxydammoniak und chromsaurem Kali erhaltenen Resultate wurde dieses wahrscheinlich gemacht und nach der energischen Wirkung, welche isolirte Spektralfarben u. a. in Draper's Versuchen zeigen, war nicht anzunehmen, dass das gemischte Licht mehr Kohlensäure zu zersetzen vermag, als die einzelnen angewandten Spektralfarben zusammengenommen.

Neben blauen und stärker brechbaren Strahlen dringen auch noch einige grüne Strahlen durch Kupferoxydammoniak, die, wie schon gesagt, aber sehr lichtschwach sind und desshalb unmöglich bei der Kohlensäurezersetzung viel leisten können, da ohnehin die Erstreckung dieses Grünes nur etwa $^1/_5$ von der gesammten Ausdehnung dieser Farbe im Spektrum ausmacht. Selbst also, wenn das Grün nicht geschwächt und die Zersetzungskraft im ganzen Grün des Spektrums gleich gross wäre, so würde die partiare Wirkung der durch Kupferoxydammoniak dringenden grünen Strahlen gleich 3 zu setzen sein. Um diesen Werth also kann obige Summe höchstens zu hoch ausgefallen sein, da ausserdem die Wirkung der gesammten grünen Strahlen mit 15 in derselben enthalten ist. Es berührt aber begreiflicherweise unsere Schlüsse nicht im geringsten, wenn bei der Summirung eine um fünf zu hohe oder zu niedere Zahl erhalten wird, die Uebereinstimmung bleibt auch dann noch eine so vollständige, als bei Untersuchungen dieser Art nur immer erwartet werden kann; die geradezu gänzliche Uebereinstimmung ist ohnehin nur als eine rein zufällige zu betrachten.

Für die Genauigkeit der für einzelne Spektralfarben gefundenen Werthe

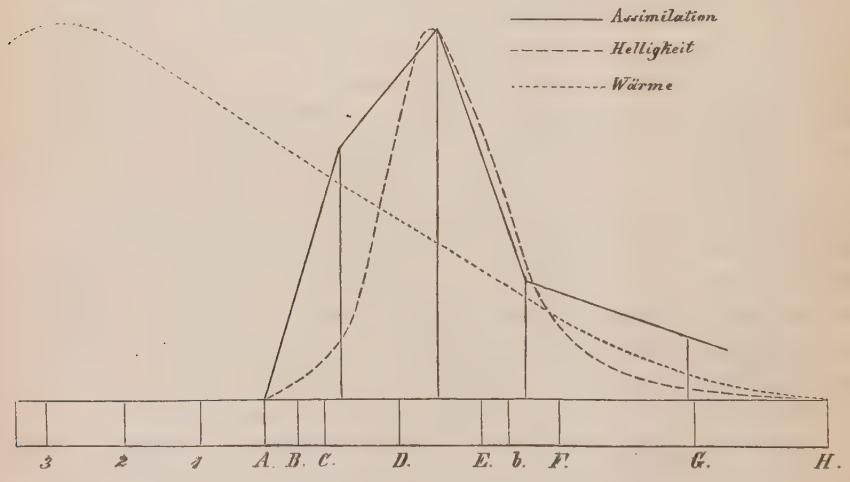
---

1) Ich nenne hier der Einfachheit halber »gelbe Strahlen« die Strahlen des Spektrums von *D* bis nicht ganz zu *E*, wobei freilich auch einige orange Strahlen mit einbegriffen sind.

gibt deren Summirung schon genügende Garantie und ferner auch ein Vergleich mit dem hinter chromsaurem Kali erhaltenen Resultate. Die Lösung dieses Körpers lässt in der angewandten Concentration die rothen, orangen, gelben und den grösseren Theil der grünen Strahlen hindurchgehen. Für diese Strahlen, wenn wir das ganze Grün mitrechnen, erhalten wir durch Summirung aus obigem Täfelchen einen Zersetzungswerth von 93,2, eine Zahl die an und für sich schon gut mit 88,6, dem für chromsaures Kali gefundenen Zersetzungswerth übereinstimmt. Es fehlt aber nicht nur etwa $^1/_5$ der grünen Strahlen in dem vom chromsauren Kali durchgelassenen Spektrum, sondern es ist auch das äusserste passirende Grün noch geschwächt und so würde die Valenz dieses Farbengemenges mindestens um 3 zu vermindern sein, und dann ergeben sich bis auf ein Plus von etwa $1^1/_2$, also sehr zufriedenstellend übereinstimmende Werthe. Ein gleich günstiges Resultat gibt auch ein Vergleich der hinter Kupferoxydammoniak zersetzten Kohlensäuremenge mit dem für die entsprechenden Strahlen sich berechnenden Zersetzungswerthe, der sich für Blau, Indigo und Violett zu 6,8 nach Abzug der stärker brechbaren Strahlen herausstellt. Für Kupferoxydammoniak wurde ein Valenz von 7,6 im Mittel gefunden, durch diese Lösung dringt aber auch noch eine geringe Menge sehr lichtschwachen Grüns, dessen Zersetzungswerth, wie aus dem Vorhergehenden ersichtlich, wesentlich weniger als 3 sein wird.

Wie aus der vorhin mitgetheilten Zusammenstellung zu ersehen ist, kommt fast die Hälfte der gesammten zersetzenden Kraft des Sonnenlichtes den gelben Strahlen zu, von welchen aus dieselbe nach beiden Seiten des Spektrums schnell abnimmt. Aus den gefundenen Werthen ist in dem bei-

Fig. 3.



gegeben Holzschnitt eine Curve der Zersetzungskraft construirt, indem jenen entsprechende Ordinaten auf die Mitte der Strecken, welche die untersuchten

Spektralfarben in dem dargestellten Spektrum einnehmen, eingestellt wurden. Wie man sieht ist die Zersetzungskurve der nach Fraunhofer [1]) eingetragenen Curve der Helligkeit nach Lage und Form sehr ähnlich, und es würde sich unbedingt eine noch grössere Uebereinstimmung herausstellen, wenn für die Construktion der ersteren nur eine genügende Anzahl von Ordinaten zu Gebote stände. Denn es ist kaum zweifelhaft, dass die orangen Strahlen viel mehr Kohlensäure zu zersetzen vermögen, als die rothen, welche letzteren nach Draper [2]) nur sehr wenig bei der Assimilation zu leisten vermögen. Ich habe aber diese Strahlen nur vereint bei der Untersuchung angewandt und kann desshalb nicht die jeder einzelnen dieser beiden Spektralfarben entsprechende Ordinate errichten. In gleicher Weise habe ich die blauen und stärker brechbaren Strahlen nur vereint untersucht, während nach Draper die Indigo- und violetten Strahlen gar keine Gasausscheidung bei in Wasser untergetauchten Pflanzentheilen veranlassten.

Die geringe Bedeutung der stärker brechbaren, auf Chlorsilber u. s. w. so energisch wirkenden Strahlen folgt schon aus früheren Arbeiten (Daubeny, Draper, Sachs u. a.) und ebenso aus den von mir erhaltenen Resultaten. Ich habe desshalb die Curve der chemischen Intensität, wie sie von Bunsen und Roscoe gefunden wurde, deren Maximum über die violetten Strahlen zu liegen kommt, im beigegebenen Holzschnitt gar nicht eingetragen. Uebrigens ist die Formirung neuer Verbindungen aus den Elementen von Kohlensäure und Wasser auch ein chemischer Prozess und es nicht wohl gerechtfertigt nur die auf Chlorsilber, Chlorknallgas u. a. besonders wirkungsfähigen Strahlen mit dem Namen »chemische Strahlen« zu belegen, wogegen auch von früheren Autoren, wie Draper, Sachs, protestirt wurde.

Schon Draper [3]) zeigte, dass die dunklen Wärmestrahlen grüne Pflanzentheile nicht zur Assimilation anzuregen vermögen und dasselbe Resultat ergaben, wie mit Sicherheit vorauszusagen war, die von mir mit Lösung von Jod in Schwefelkohlenstoff angestellten Versuche. Diese Lösung absorbirt bei genügender Concentration alle leuchtenden Strahlen, lässt aber den grössten Theil der dunklen Wärmestrahlen hindurch, auch wenn sie in Glasgefässen eingeschlossen ist, die diese Strahlen, namentlich die grösster Wellenlänge, in erheblicher Menge zurückhalten. [4]) Bei 4 mit dieser Jodlösung angestellten Versuchen wurde eine mittlere Kohlensäurebildung, die man nach dem bisherigen Schema als negative Valenz von 14,1 bezeichnen darf, gefunden und fast gleichen Werth, nämlich 13,2, ergaben 4 im Dunkeln angestellte Experimente. Bei diesen letzteren wurde über eine in bekannter Weise beschickte Versuchsröhre ein Rezipient von schwarzer Pappe gestülpt, der während des Versuches von der Sonne beschienen wurde.

1) Denkschrift d. Akad. z. München 1817, p. 214 mit Tafel.
2) Diese Arbeit p. 3.
3) Vergl. diese Arbeit p. 4.
4) Vergl. diese Arbeit p. 29.

Cailletet [1]) gibt bei seinen Experimenten mit Lösung von Jod in Schwefelkohlenstoff die Menge der Kohlensäure vor und nach Exposition als ganz gleich an und schliesst irrigerweise hieraus, dass Assimilation nicht stattgefunden habe. Wäre dieses der Fall, so müsste, wie ich bereits früher erwähnte, Kohlensäure gebildet worden sein, während das Gleichbleiben des Kohlensäuregehaltes nur dann möglich ist, wenn Assimilation und Athmung sich gerade das Gleichgewicht halten. Vielleicht war Cailletet's Lösung nicht concentrirt genug und liess noch einige rothe Strahlen passiren. Timirjaseff's [2]) Hypothese, dass die Kohlensäurezersetzung den Erwärmungskräften der Sonnenstrahlen proportional sei, beruht, wie ich bei der Kritik von dessen Arbeit zeigte, auf gänzlicher Verkennung der Thatsachen und hätte diese nicht einmal Versuche zum Zwecke der Widerlegung erfordert. Wie ganz verschieden übrigens die Curve der Assimilationsthätigkeit von der Wärmecurve ausfällt, ist aus dem beigegebenen Holzschnitt zu ersehen, in welchem auch die Intensitätscurve der Wärme nach J. Müller [3]) eingetragen ist.

Da bei meinen Versuchen Blätter von fünf verschiedenen Pflanzen immer mit gleichem Erfolge angewandt wurden, so ist wohl der Schluss erlaubt, dass alle grünen Blätter, überhaupt alle grünen Pflanzentheile unter dem Einfluss von Strahlen bestimmter Brechbarkeit auch gleiche relative Mengen von Kohlensäure zersetzen; wenigstens ist mir kein Faktum bekannt, welches auf ein in dieser Beziehung ungleiches Verhalten gewisser Pflanzen hinwiese. Es ist dieses um so bemerkenswerthes da allem Anschein nach das Chlorophyll verschiedener Pflanzen in ungleicher Weise durch Licht bestimmter Helligkeit zur Assimilation angeregt wird, denn selbst bei nahe verwandten Pflanzen finden sich solche, von denen die eine an den sonnigsten Orten vorkommt, die andere aber an so schattigem Orte lebt, dass erstere vielleicht an diesen gar nicht mehr würde assimiliren können. Die durch meine Versuche über die Wirkung des farbigen Lichtes auf die Assimilation sichergestellten Resultate sind kurz zusammengefasst folgende:

Nur die für unser Auge sichtbaren Strahlen des Spektrums vermögen die Zersetzung der Kohlensäure anzuregen und zwar leisten bei diesem Prozesse die am hellsten erscheinenden, die gelben Strahlen allein fast so viel, als alle übrigen Strahlen zusammengenommen. Die am stärksten brechbaren und auf Chlorsilber u. s. w. sehr energisch einwirkenden Strahlen des sichtbaren Spektrums haben für die Assimilation eine nur sehr untergeordnete Bedeutung.

Jeder Spektralfarbe kommt eine specifische quantitative Wirkung auf die Assimilationsthätigkeit zu, die unverändert bleibt, gleichviel ob die betreffenden

1) Vergl. früher, p. 8.
2) Vergl. früher, p. 10.
3) Poggdf. Annal. Bd. 124, p. 36.

Strahlen isolirt oder mit einigen oder mit allen anderen Strahlen des Spektrums combinirt auf chlorophyllhaltige Pflanzentheile einwirken.

Der Einfluss des durch eine Chlorophylllösung dringenden Lichtes auf die Assimilation wurde bisher noch nicht untersucht, wenigstens ist mir nur eine kurze Notiz von Becquerel [1] bekannt, dass zwei Epheublätter, welche in kohlensäurehaltigem Wasser lagen und durch eine ziemlich concentrirte Chlorophylllösung dringende Lichtstrahlen empfingen, im Laufe von 6 Stunden 2 Cub. C. Gas ausschieden. Die Untersuchung der Wirkung, welche die durch eine Chlorophylllösung passirenden Strahlen auf die Assimilation ausüben, war aber von besonderem Interesse, da wir von Sachs [2] wissen, dass hinter einer unverfärbten Chlorophylllösung Pflanzen zwar ergrünen, ein Chlorophyllauszug aber nicht eher verfärbt wird, als bis die umgebende Lösung selbst diesem Schicksal verfallen ist.

Das Spektrum der zu meinen Versuchen angewandten Chlorophylllösung wurde bereits früher beschrieben. Die stärker brechbaren Strahlen des Spektrums wurden ganz absorbirt und nur noch ganz wenig Blau blieb übrig. Der Absorptionsstreifen im Roth, und ebenso die beiden anderen, im Orange und zwischen Grün und Gelb, hatten zusammen eine solche Ausdehnung, dass sie etwa ein Viertel des Spektrums zwischen den Frauenhofer'schen Linien *A* und *F* verdunkelten. Mit grünem oder wenigstens nicht merklich verfärbtem Chlorophyllauszug wurden 4 Versuche, Nr. 23, 24, 25 und 26, gemacht, während der Versuch 27 mit verfärbter Lösung angestellt wurde. Diese letztere war aber durch freiwilliges Verdampfen des Alkohols so concentrirt, dass die Absorptionsstreifen in der schwächer gebrochenen Hälfte des Spektrums, welche beim Verfärben an Breite abnehmen, denen der angewandten grünen Lösung wieder möglichst gleich geworden waren.

Die Resultate der einzelnen Versuche sind in Folgendem zusammengestellt, und wie man sieht wurde hinter der verfärbten Lösung (Versuch 27, nicht mehr Kohlensäure, wie hinter einer noch grünen Lösung zersetzt.

23.	Versuch.	Zersetzte	Kohlensäure	= 19,9	Procent
24.	,,	,,	,,	= 10,5	,,
25.	,,	,,	,,	= 11,9	,,
26.	,,	,,	,,	= 20,1	,,
27.	,,	,,	,,	= 17,2	,,
			Mittel	= 15,9	Procent.

Der mittlere Zersetzungswerth von 15,9 erscheint auffallend gering, wenn man bedenkt, dass die Absorptionsstreifen vom Gelb und Grün nur wenig und auch von den orangen und rothen Strahlen nur einen Theil verdunkeln. Freilich wird auch von den zwischen den Absorptions-

1) Becquerel, la lumière, Paris 1868.

2) Experimtphys. p. 13.

streifen liegenden Strahlen ein erhebliches Quantum absorbirt, wie deren sehr entschiedene Lichtschwächung unzweifelhaft darthut. Diese Lichtschwächung kann sehr wohl die Ursache sein, dass die Assimilation hinter einer Chlorophyllösung so auffallend beeinträchtigt wird, doch fehlen wieder bestimmte Anhaltspunkte, um eine andere Möglichkeit zu widerlegen, dass nämlich die in den Absorptionsstreifen ausgelöschten Lichtstrahlen die Assimilation in ganz überwiegender Weise einleiten können. Absorptionsstreifen entstehen bekanntlich durch Auslöschen der Strahlen entsprechender Wellenlänge, sei es, dass dieselben in einem Medium in Arbeit oder in Wärme umgesetzt werden. Letztere Umwandlung ausschliesslich findet bei den Lösungen statt, welche am Lichte nicht verändert werden, und kann ebensowohl auch die alleinige Ursache der Absorptionsstreifen im Chlorophyll sein; hierfür spricht sogar der Umstand, dass beim Verfärben eines Chlorophyllauszuges die Absorptionstreifen nicht verschwinden, wenn sie auch an Breite abnehmen.

Unter diesen Umständen ist der Nachweis, dass hinter einer verfärbten und unverfärbten Chlorophyllösung gleiche, aber auffallend geringe Mengen Kohlensäure zersetzt werden, das Einzige, was aus meinen Versuchen mit Sicherheit zu entnehmen ist. Keinenfalls kann man aber auf diese Versuche allein hin schliessen, dass bestimmte disjunkte Strahlengruppen des Spektrums die Assimilation in besonders energischer Weise veranlassen, die Zersetzungscurve also durch eine Zackenlinie darzustellen ist. Ueber diesen Punkt entscheidende Versuche anzustellen, ist mit den jetzt zu Gebote stehenden Mitteln unmöglich und lassen sich auch ebenso wenig Wahrscheinlichkeitsgründe dafür oder dagegen anführen, ob in der Zersetzungscurve für Kohlensäure auch untergeordnete Maxima zu erwarten sind. Es liess sich hier höchstens darauf hinweisen, dass die nach Bunsen und Roscoe für die Wirkung der stärker brechbaren Strahlen auf Chlorsilber entworfene Curve zwei deutliche Maxima zeigt und auf Guillemain's [1]) Versuche, nach welchen es im Spektrum für die heliotropische Krümmung zwei Maxima gibt, das eine in den schwächer als Roth, das andere in den stärker als Violett gebrochenen Strahlen. Auf diese letzteren Angaben ist indess kein Gewicht zu legen, da Guillemain's Resultate über die Wirkung verschieden stark gebrochener Strahlen auf heliotropische Krümmung wohl sicher einer Correktur bedürfen. [2])

Wie das Ergrünen hinter verfärbter und unverfärbter Lösung statt-

1) Annal. d. scienc. naturell. 1857, p. 329.

2) Nach Guillemain findet im ganzen Spektrum, die Wärmestrahlen niederer Temperatur ausgenommen, heliotropische Krümmung statt, welches Resultat vielleicht eine Folge unvollkommener Dispersion der Sonnenstrahlen im angewandten Prisma war. Sicher wenigstens ist, dass hinter Medien die wie chromsaure Kalilösung nur schwächer brechbare Strahlen durchlassen, keine heliotropische Krümmung eintritt. Näheres bei Sachs, Experimt.-phys. p. 42.

findet, so wird auch hinter beiden assimilirt und zwar mit gleicher Energie, wenn die Spektra der beiden Chlorophylllösungen möglichst übereinstimmen. Hingegen wird, wie Sachs zeigte, ein Chlorophyllauszug durch die eine grüne Chlorophylllösung passirenden Strahlen nicht verfärbt, wohl aber durch diejenigen Strahlen, welche durch eine verfärbte Chlorophylllösung hindurchgehen. Eine genügende Erklärung dieses interessanten Faktums vermag ich nicht zu geben.

Gasabscheidung durch Wasserpflanzen.

Es ist wohl mehr als wahrscheinlich, dass die Assimilationsthätigkeit bei Wasser- und Landpflanzen von den verschiedenen Spektralfarben in relativ gleicher Weise angeregt wird, und es war nun interessant zu sehen, wie sich die durch Blasenzählen erhaltenen Resultate gegenüber den von mir gefundenen Zersetzungswerthen für gleiche farbige Flüssigkeiten herausstellen würden.

Schon bei der Besprechung der Sachs'schen Arbeit habe ich hervorgehoben, dass das Blasenzählen nicht nur die bequemste, sondern auch die genaueste Methode ist, wenn es sich einfach um die Abhängigkeit der Gasabscheidung von Strahlen verschiedener Brechbarkeit handelt. [1]) Dahingegen müsste, wenn hierdurch die Assimilationsthätigkeit selbst messbar sein sollte, das heraustretende Gas eine gleiche Zusammensetzung haben, gleichviel, ob der Blasenstrom mit grösserer oder geringerer Geschwindigkeit aus derselben Wunde hervorquillt. Dies ist aber im hohen Grade unwahrscheinlich.

Wenn eine Pflanze im Wasser liegend assimilirt, so wird das in derselben im absorbirten und gasförmigen Zustand eingeschlossene Gas in keinem Augenblick sich mit dem im umgebenden Medium aufgelösten in einem Gleichgewichtszustand befinden, der indess fortwährend angestrebt werden muss. So wird ein Sauerstoffstrom aus der Pflanze zum Wasser gehen und umgekehrt besonders Kohlensäure, doch auch Stickstoff in die Pflanze diffundiren. Diese kurzen Andeutungen über ein von Sachs [2]) ausführlich behandeltes Thema genügen hier, um uns einer Pflanze, die aus einer Wunde einen Blasenstrom hervortreten lässt, zuwenden zu können. Der Sauerstoff wird von der Zelle aus, in welcher er durch Zerlegung der Kohlensäure gebildet wurde, zum Theil wohl direkt in das umgebende Wasser diffundiren, zum voraussichtlich grössten Theil aber in das Innere der Pflanze dringen, um in den Intercellularräumen und Luftlücken sich im gasförmigen Zustande zu sammeln und nach der den Austritt gestattenden Wunde hinzuströmen. Auf den Wege, den er bis hierher von seiner

1) Früher p. 13.

2) Sachs, Experimtphys. p. 245.

Bildungsstätte aus im absorbirten und gasförmigen Zustand zurückzulegen hat, mischen sich ihm die anderen in der Pflanze enthaltenen Gase, Stickstoff und Kohlensäure, bei, und eine Ausgleichung mit diesen wird um so vollständiger sein können, je länger der zu durcheilende Weg ist, oder je langsamer eine bestimmte Strecke durchlaufen wird. Da nun bekanntlich die Geschwindigkeit des Blasenstromes unter dem Einfluss verschiedener Spektralfarben eine sehr ungleiche ist und desshalb anzunehmen steht, dass der Sauerstoffgehalt der Blasen um so geringer ausfällt, je langsamer dieselben aufeinander folgen, so wird das vergleichende Blasenzählen einen der wirklichen Assimilationsthätigkeit gegenüber um so höheren Werth geben, je weniger energisch die Kohlensäurezersetzung durch die zutretenden Strahlen des Spektrums angeregt wird. Diese Folgerung fand ich in zufriedenstellender Weise bestätigt, als ich die Gasabscheidung unter denselben farbigen Flüssigkeiten beobachtete, mit welchen ich meine Untersuchung über die Assimilationsthätigkeit von Landpflanzen anstellte.

Ueber die Ausführung des Blasenzählens habe ich hier nur weniges in Betreff der von mir angewandten Zusammenstellung der Apparate zu sagen. Dieselben Glocken und dieselben Flüssigkeiten, wie bei meinen Versuchen mit Landpflanzen wandte ich auch beim Blasenzählen an, indem ich dieselben über ein geeignetes cylindrisches Gefäss stülpte, in welchem sich die Versuchspflanze, die immer Elodea canadensis war, befand, mit dem Stammquerschnitt nach oben gewandt und in ihrer Lage durch Anbinden an einen Glasstab unverrücklich fixirt. In das, in dem übrigens offen bleibenden Gefässe enthaltene Wasser wurde einige Zeit ein Kohlensäurestrom geleitet und das Zuleiten dieses Gases jedesmal wiederholt, nachdem einige vergleichende Zählungen, abwechselnd hinter einer mit Wasser und einer mit farbiger Flüssigkeit gefüllten Glocke gemacht worden waren. Die Versuche mit den verschiedenen Lösungen wurden nicht an denselben, immer aber an sehr hellen Tagen vorgenommen, und jedesmal die in einer oder bei geringer Zahl in 2 Minuten austretenden Blasen gezählt.

Die Resultate sind in Folgendem zusammengestellt und zwar die Blasenzahl in einer Minute und das hieraus sich ergebende Mittel in den beiden ersten Columnen und in der letzten Vertikalreihe noch die Werthe, welche sich für die farbigen Flüssigkeiten ergeben, wenn die Zahl der Blasen im weissen Licht, hinter der mit Wasser gefüllten Glocke, gleich 100 gesetzt wird. Die Temperaturen habe ich nicht angeführt, weil diese, wie ein in dem Versuchswasser stehendes Thermometer zeigte, bei zwei aufeinanderfolgenden Ablesungen stets um weniger als ein $^1/_2$ C. differirten.

Die Glocken gefüllt mit:	Zahl der Gasblasen in 1 Minute.						Im Mittel.	Zahl der im weissen Licht ausgeschiedenen Blasen = 100 gesetzt.
Wasser	27	26	26	25	26	27	26,2	100,0
Chrs. Kali*)	26	26	24	24	24	24	24,7	94,3
Wasser	33	34	34	35	34	33	33,8	100,0
Cuoammon*) . . .	6	7	6	7	7	6	6,5	19,2
Wasser	28	29	29	30	30	28	29,0	100,0
Orsellin	17	18	18	19	19	17	18,0	62,1
Wasser	28	28	30	30	30	28	29,0	100,0
Anilinviolett	14	14	15	15	15	14	14,5	50,0
Wasser	30	30	31	31	29	28	29,8	100,0
Anilinroth	13	14	14	14	13	12	13,3	44,6
Wasser	45	46	46	45	44		45,2	100,0
Chlorophyll**) . . .	13	14	14	13	12		13,2	29,2

*) Vgl. Sachs, Bot. Ztg. 1864, p. 363 u. Experimtphys p. 26.

**) Dieses ist eine Chlorophyllösung, welche bereits ein wenig verfärbt war.

Wenn die im weissen Licht, hinter der mit Wasser gefüllten Glocke, zersetzte Kohlensäure und ebenso die in diesem Fall ausgeschiedene Zahl der Gasblasen gleich 100 gesetzt wird, so ergeben sich die Werthe, welche in dem folgenden Täfelchen in der ersten und zweiten Vertikalreihe stehen. Die Differenz, um welche die durch Blasenzählen erhaltenen Werthe zu hoch ausgefallen sind, finden sich in der letzten Columne zusammengestellt.

	Im weissen Licht zersetzte CO^2 = 100	Im weissen Licht ausgeschiedne Gasblasen = 100	Differenz.
Wasser	100,0	100,0	0
Chrs. Kali . . .	88,6	94,3	5,7
Orsellin	53,9	62,1	8,2
Anilinviolett . .	38,9	50,0	11,1
Anilinroth . . .	32,1	44,6	12,5
Chlorophyll . .	15,9	29,2	13,3
Cuoammon . .	7,6	19,2	11,6

In diesem Täfelchen folgen die farbigen Medien so aufeinander, dass hinter jedem tiefer stehenden weniger Kohlensäure zersetzt wird, als hinter dem vorhergehenden, und wie man sieht, steigen die in der letzten Columne stehenden Differenzen im Allgemeinen in derselben Reihenfolge. Für Kupferoxydammoniak fällt die Differenz zwar etwas geringer aus, als

für Chlorophyll und Anilinroth, allein sie ist doch immer noch doppelt so gross als zwischen Wasser und chromsaurem Kali und gerade bei jenem Medium, hinter welchem die Gasblasen am langsamsten aufeinander folgen, war ein Fehler beim Zählen derselben am leichtesten möglich, da der Austritt einer Blase nicht immer genau mit dem Ablauf einer Minute zusammenfiel. Jedenfalls liegt in obigem Resultate der Beweis, *dass das Blasenzählen im farbigen Licht einen höheren, als der Assimilationsthätigkeit in den betreffenden Strahlen entsprechenden Werth ergibt und zwar im Allgemeinen um so höher, je weniger Kohlensäure überhaupt zersetzt wird.*

Der eben gezogene Schluss steht mit unseren theoretischen Folgerungen im vollen Einklang, und nach diesen ist wohl auch gewiss, dass der Sauerstoffgehalt der aus einer Wunde ausgeschiedenen Blasen sinkt, wenn dieselben langsamer aufeinander folgen. Doch erlauben obige Resultate einen bestimmten Schluss auf die Zusammensetzung der von einer Pflanze mit ungleicher Geschwindigkeit ausgeschiedenen Gase nicht, da hierbei auch die Diffusionsverhältnisse der Gase in einer nicht mit Sicherheit zu berechnenden Weise in Betracht kommen. Hierauf näher einzugehen, kann hier nicht in meiner Absicht liegen.

Bereits Daubeny[1]) kam, auf freilich sehr unsichere Belege hin, zu dem Schluss, dass das von Pflanzen unter Wasser ausgeschiedene Gas um so ärmer an Sauerstoff sei, je weniger Gas ausgegeben werde. Eine Bestätigung dieses Schlusses konnte Draper bei den Analysen, welche mit in verschiedenen Spektralfarben ausgeschiedenen Gasgemengen angestellt wurden, nicht finden, während bei Cloez und Gratiolet wieder das Sinken des Sauerstoffgehaltes mit Verringerung der ausgeschiedenen Gasmenge in ganz auffallender Weise hervortritt. Bei den Versuchen, die diese Autoren mit Wasserpflanzen anstellten, sammelten sich z. B. im Mittel aus 3 Beobachtungen 73,7 C. C. Gas hinter weissem Glase, für welches nach Abzug der Kohlensäure 76,8 Procent Sauerstoff gefunden wurden, unter blauem Glase hingegen wurden 18 C. C. Gas erhalten, in denen die Analyse nur 44,6 Procent Sauerstoff ergab (nach Abzug der Kohlensäure). Dieser gewaltige Unterschied in dem Verhältniss von Sauerstoff und Stickstoff, wie er in den beiden oben angeführten Fällen gefunden wurde, kann ein analytischer Fehler unmöglich sein, wenn auch die Sauerstoffbestimmung der genannten Autoren nach einer sehr mangelhaften Methode geschah. Diese analytischen Befunde haben übrigens keine endgültige Beweiskraft, da in der Zusammensetzung der ausgeschiedenen Gase wesentliche Aenderungen beim Aufsammeln statthaben konnten. Denn wenn das Sperrwasser ein gewisses Quantum Sauerstoff zu absorbiren vermochte, so musste der Sauerstoffgehalt eines in geringer Menge angesammelten Gasgemisches in höherem Grade vermindert werden, als wenn grössere Gasmengen sich ansammelten.

1) Siehe die Kritik dieser Arbeit, wie auch die der von Draper, Cloez u. Gratiolet.

Diese kurzen Andeutungen mögen hier genügen, da mir eigene Beobachtungen in dieser Richtung nicht zu Gebote stehen und eine ausführliche Kritik der einschlägigen Literatur nicht hierher gehört.

In meinen Untersuchungen wurde ausschliesslich die Wirkung der Strahlen verschiedener Brechbarkeit auf die Kohlensäurezersetzung durch chlorophyllhaltige Pflanzen behandelt und insofern, als dieser Prozess nicht ohne Bildung organischer Substanz gedacht werden kann, durfte auch die Bezeichnung »Assimilation« angewandt werden. Damit ist aber keineswegs gesagt, dass die Produkte der Assimilation ihrer qualitativen Beschaffenheit nach für dieselbe Pflanze gleich sind, gleichviel ob sie in gemischtem Lichte oder unter dem Einfluss einer oder einiger Spektralfarben gebildet wurden. Wenn dieses auch wahrscheinlich ist, so sind doch bis jetzt keine Beobachtungen in dieser Richtung angestellt worden, und von Fällen, wo eine nachweisbare Bildung von Assimilationsstoffen gänzlich unterblieb, wenn auch vielleicht ganz geringe Mengen Kohlensäure zersetzt werden konnten, ist natürlich abzusehen.

Daraus, dass die Strahlen mittlerer Wellenlänge so energisch auf die Assimilationsthätigkeit wirken, folgt aber noch keineswegs, dass ein mit wirklicher Gewichtszunahme verbundenes Wachsthum unter dem alleinigen Einfluss der schwächer brechbaren Strahlen des sichtbaren Spektrums stattfinden muss. Das Wachsthum setzt sich aus einem Complex von Funktionen zusammen, und wenn auch manche, wie Zelltheilungen und Neubildung von Organen in der Regel des Lichtes nicht bedürfen,[1] so könnten doch andere möglicherweise nur unter dem Einfluss der blauen und stärker gebrochenen Strahlen sich abwickeln. Aus den bis jetzt bekannten Thatsachen, welche von Sachs[2] zusammengestellt sind, ergibt sich, dass die chemischen Vorgänge in der Pflanze im Allgemeinen vorwiegend oder ausschliesslich durch die schwächer brechbaren Strahlen, die Bewegungserscheinungen durch die stärker brechbaren Strahlen beeinflusst werden. Mit Gewissheit lässt sich nun freilich voraussagen, dass bei alleinigem Zutritt der blauen und der Strahlen noch geringerer Wellenlänge, die bei der Assimilation so sehr wenig zu leisten vermögen, ein mit erheblicher Gewichtszunahme verbundenes Wachsthum nicht stattfinden kann; ob dies indess der Fall ist, wenn nur schwächer brechbaren Spektralfarben der Zutritt gestattet ist, können nur Versuche entscheiden.

Bei einigen Keimversuchen, die Sachs im farbigen Licht anstellte,

1) Näheres bei Sachs, Physiol. p. 30; Lehrbuch p. 618.
2) Lehrbuch, 2. Aufl. p. 625.

wurde nur das Aussehen der Pflänzchen beachtet, nicht aber bestimmt, ob eine Gewichtszunahme stattgefunden hatte. Hinter einer Lösung von Kupferoxydammoniak bildeten sich nur diejenigen Theile der Keimpflänzchen aus, welche auch im Dunkeln zur Entwicklung kommen, und nach nicht langer Zeit gingen die sehr schwächlichen, übrigens ergrünten Pflanzen regelmässig zu Grunde. Im orangen Licht (chromsaures Kali) hingegen kamen einige, wenn auch kleine Laubblätter zur Entwicklung, während die Internodien länger als im weissen Licht wurden; kurz die schwächer brechbaren Strahlen verhielten sich im Allgemeinen wie gedämpftes Tageslicht. [1])

Die einzige mir bekannte Publikation über Gewichtszunahme von Pflanzen, welche unter dem Einfluss von Strahlen geringerer Brechbarkeit erwachsen waren, wurde von Dr. A. Meyer [2]) gemacht. Dieser liess Erbsen und Wicken unter Pyramiden von gelbem Glas erwachsen und fand nach $10\frac{1}{2}$, respektive 9 Wochen, eine, wenn auch nur geringe Zunahme des Trockengewichts. Diese Glaspyramiden schlossen zwar die stärker brechbaren, die sogenannten chemischen Strahlen, vollständig aus, schwächten aber, wie es der Verfasser selbst angibt, das durchgehende Licht sehr erheblich, was für das Wachsthum der Pflanzen gewiss von Bedeutung war. Auch wurde zum Vergleiche nicht das Trockengewicht der Embryonen allein, sondern das der ganzen Samen bestimmt.

Ferner bin ich in der glücklichen Lage die Resultate eines anderen hierhergehörigen Versuches, welcher bereits im Sommer 1865 von Herrn Professor Sachs angestellt wurde, mit dessen gütiger Erlaubniss hier kurz mittheilen zu können.

Am 3. Mai 1865 wurden je drei Sonnenrosensamen in Gartenerde gesteckt und über die Blumentöpfe ähnliche doppeltwandige, nur viel grössere Glocken, wie ich sie bei meinen Versuchen anwandte, gestülpt. Eine derselben war mit Wasser, eine andere mit Lösung von Kupferoxydammoniak und die letzte mit Lösung von chromsaurem Kali gefüllt, die bei der angewandten Concentration in ähnlicher Weise, wie die von mir gebrauchten Lösungen das Spektrum halbirten. Für Luftzutritt und Ausschluss aller anderen als der durch die Flüssigkeiten dringenden Strahlen war vollständig gesorgt.

Unter der Glocke mit Kupferoxydammoniak entwickelten sich auch hier die Keimpflänzchen, von der Chlorophyllbildung abgesehen, nicht weiter, als es auch im Dunkeln der Fall gewesen sein würde, und da dieselben am 19. Mai zu verderben begannen, so wurden sie behutsam aus der Erde genommen, die Würzelchen auf das sorgfältigste gereinigt und zur Bestimmung des Trockengewichts bei Seite gestellt.

---

1) Sachs in Bot. Ztg. 1864, p. 374.

2) Produktion von organischer Pflanzensubstanz bei Abschluss der chemischen Lichtstrahlen in Landwirthschftl. Versuchsstationen Bd. IX. Ich kenne die Arbeit nur aus Hoffmann's Jahresb. d. Agrikulturchemie für 1867, p. 142.

Unter den beiden anderen Glocken blieben die Pflanzen bis zum 17. Juli und wurden dann gleichfalls mit ihrem Wurzelsysteme behutsamst aus der Erde genommen, gereinigt und zur Bestimmung des Trockengewichts hingestellt. Sowohl im weissen, als im orangen Licht waren die Pflanzen völlig gesund geblieben und zu ansehnlicher Grösse herangewachsen.

Nachdem die geernteten Pflänzchen längere Zeit über Schwefelsäure gestanden hatten, wurden sie so lange bei 100 C. getrocknet, bis keine Veränderung des Gewichtes eintrat. Im gleicher Weise wurde auch das Trockengewicht von 10 Embryonen von Sonnenrosen bestimmt und zu 0,394 Grmm., für einen Embryo also zu 0,0394 Grmm. gefunden.

Das Trockengewicht der drei im blauen Licht gekeimten Pflänzchen wurde zu 0,133 Grmm. gefunden; folglich ist im Mittel das Trockengewicht

eines im blauen Licht gekeimten Pflänzchens	0,044	Grmm.
eines Embryo	0,0394	,,
Differenz	0,0046	Grmm.

Wenn diese geringe Gewichtszunahme von 0,0046 Grmm. auch die möglichen Beobachtungsfehler kaum überschreitet, so zeigen uns doch obige Zahlen, dass eine geringe Assimilation im blauen Licht stattgefunden hatte, denn sonst hätte das Trockengewicht beim Keimen erheblich abnehmen müssen. So fand z. B. Boussingault [1]), dass bei einem im Dunklen keimenden Maiskorn während 20 Tagen fast die Hälfte der Trockensubstanz durch Athmung verloren gegangen war.

Im weissen und im orangen Licht wurden je zwei Pflanzen geerntet und das Trockengewicht für die ersteren zu 0,765 Grmm., für die letzteren zu 0,322 Grmm. bestimmt. Hiernach stellt sich das Trockengewicht und die Gewichtszunahme für eine Pflanze wie folgt:

Im weissen Licht erwachsene Pflanze.

Trockengewicht einer Pflanze	0,382	Grmm.
,, eines Embryos	0,0394	,,
Gewichtszunahme	0,3426	Grmm.

Im orangen Licht erwachsene Pflanze.

Trockengewicht einer Pflanze	0,161	Grmm.
,, eines Embryos	0,0394	,,
Gewichtszunahme	0,1216	Grmm.

Die Gewichtszunahme im orangen Licht beträgt also annähernd den dritten Theil (35,4 Procent) von der im weissen Licht. Diese relative Gewichtszunahme lässt sich aber natürlich nicht ohne Weiteres mit der hinter einer gleichen Lösung von chromsaurem Kali zersetzt werdenden Kohlensäuremenge vergleichen, sondern es müsste hierzu auch die durch Athmung

1) Vgl. Sachs, Expermtphys., p. 21.

während der nächtlichen Perioden gebildet werdende Kohlensäure in Rechnung gezogen werden, was mit einiger Genauigkeit kaum möglich sein dürfte. Das geht aber aus diesem Versuche mit aller Evidenz hervor, *dass eine, bei alleinigem Zutritt der Strahlen geringerer Brechbarkeit erwachsenden Pflanze sehr erheblich an Trockensubstanz zunimmt.*

Ein gleiches Resultat gab ein von Herrn Professor Sachs in diesem Sommer angestellter Versuch mit Ipomaea purpurea, bei dem leider eine Vergleichung mit im weissem Licht gewachsenen Pflanzen aus Mangel an gleichen Apparaten nicht angestellt werden konnte. Auch hier gediehen die Keimpflänzchen hinter einer Lösung von Kupferoxydammoniak nicht weiter als im Dunkeln und gingen endlich zu Grunde; ihr Trockengewicht wurde nicht bestimmt. Hinter einer Lösung von doppelt chromsaurem Kali wuchsen drei Pflanzen vom 10. Juni bis zum 8. August und wurden dann in einem ganz gesunden Zustand geerntet. Aus der Bestimmung des Trockengewichts der drei Pflanzen und von 8 Embryonen ergibt sich die Gewichtszunahme einer Pflanze wie folgt:

Trockengewicht einer Pflanze	0,1812 Grmm.
,, eines Embryos	0,0104 ,,
Gewichtszunahme	0,1708 Grmm.

Diese vorläufigen Mittheilungen zeigen, wie gesagt, nur, dass ein mit wirklicher Gewichtszunahme verbundenes Wachsthum unter dem alleinigen Einfluss der Strahlen der minder brechbaren Hälfte des sichtbaren Spektrums möglich ist. In welchem Verhältniss aber hier Gewichtszunahme und Assimilationsthätigkeit stehen, und wie sich das Wachsthum bei Zutritt, respektive Ausschluss einzelner minder brechbarer Spektralfarben gestaltet, müssen fernere Untersuchungen entscheiden.

Zusammenstellung der Versuche.

Die Resultate der angestellten Experimente sind in Folgendem zusammengestellt. Bei jedem vergleichenden Versuche ist für die bezeichneten Medien das gesammte Volumen des Versuchsgases und dessen Zusammensetzung aus Kohlensäure und Luft (G. Vol. = CO^2 + Luft) vor und nach der Exposition angeführt, ferner die absolute Menge der von einem Blatte zersetzten Kohlensäure und die Differenz der Gasvolumina vor und nach der Exposition; eine Volumenzunahme ist mit +, eine Volumenabnahme mit — bezeichnet. Darunter folgen die zersetzten oder gebildeten Kohlensäuremengen, welche unter der Annahme, dass die Assimilationsthätigkeit und Athmung den Blattflächen proportional zu- und abnehme für 100 C. Q. Blattfläche und einstündige Exposition berechnet wurden, und endlich die Werthe, welche sich für die verschiedenen Medien ergeben, wenn die unter der mit Wasser gefüllten Glocke zersetzte Kohlensäure gleich 100 gesetzt wird. In den wenigen Fällen, wo Kohlensäure gebildet wurde, ist deren

absolute und die für 100 C. Q. Blattfläche und einstündige Versuchsdauer berechnete Menge durch cursivgedruckte Zahlen ausgezeichnet, ebenso auch die hier negativen procentischen Zersetzungswerthe.

Wenn bei besonders intensivem Sonnenschein die Apparate mit Schirmen von sehr durchscheinendem Pergamentpapier beschattet wurden, so ist es jedesmal bei dem Versuche angeführt. In diesem Falle wurde auch die Temperatur an einem hinter dem Schirm befindlichen, sonst aber an einem unbeschatteten Thermometer abgelesen.

Erste Versuchsreihe.

Neben Wasser wurden Lösungen von Kupferoxydammoniak (Cuoammon und chromsaurem Kali (Chrs. Kali) angewandt. Bei wenigen gleichzeitig angestellten Versuchen, deren Zweck war, die im Dunklen gebildete Kohlensäuremenge kennen zu lernen, wurde ein Recipient aus schwarzer Pappe über ein Versuchsrohr gestülpt und diese Zusammenstellung an einem Fenster den Sonnenstrahlen ausgesetzt.

1. Versuch. 15. Juni.

Blätter von Prunus laurocerasus à 28 C. Q. Fläche und 1,0 C. C. Volumen wurden 3 Stunden lang, von 9 Uhr 40″ bis 12 Uhr 40″ Mrgs. exponirt. Dauernder Sonnenschein. Temperatur in Sonne 25—26 C.

	Vor Exposition.	Nach Exposition.		
	G. Vol. = CO^2 + Luft.	G. Vol. = CO^2 + Luft.	V. 18 C Q. in 3 Std. zersetzte CO^2.	Differenz der Volumina.
	C. C.	C. C.	C. C.	C. C.
Wasser . .	77,07 = 8,55 + 68,52	76,84 = 4,50 + 72,34	4,05	— 0,23
Chrs.Kali .	75,68 = 7,83 + 67,85	75,63 = 4,26 + 71,37	3,57	— 0,05
Cuoammon	76,50 = 8,47 + 68,03	76,27 = 8,09 + 68,18	0,38	— 0,23

	Zersetzte CO^2 pro 100 C. Q. u. 1 Std. berechnet. C. C.	Hinter Wasser zersetzte CO^2 = 100.
Wasser	4,82	100
Chrs. Kali . . .	4,25	88,1
Cuoammon . . .	0,45	9,4

2. Versuch. 17. Juni.

Blätter von Prunus laurocerasus 3 Stunden, von 9 Uhr 50″ bis 12 Uhr 50″ Morgens exponirt; Blattflächen à 32 C. Q., Blattvolumen 1,1 C. C. Anfangs Sonnenschein und nur die letzte halbe Stunde theilweise bewölkter Himmel; die Apparate mit Papierschirmen beschattet. Thermometer in der Sonne 24—28 C.

	Vor Exposition	Nach Exposition.		
	G. Vol. = CO^2 + Luft.	G. Vol. = CO^2 + Luft.	V. 32 C. Q. in 3 Std. zersetzte o. geb. CO^2.	Differenz der Volumina.
	C. C.	C. C.	C. C.	C. C.
Wasser . .	74,01 = 6,44 + 67,57	74,21 = 1,28 + 72,93	5,16	+ 0,20
Chrs. Kali .	74,81 = 7,63 + 67,18	74,87 = 2,99 + 71,88	4,64	+ 0,06
Cuoammon .	73,83 = 7,01 + 66,82	73,70 = 6,60 + 67,10	0,47	— 0,13
Dunkel . .	74,70 = 8,06 + 66,64	74,42 = 11,57 + 62,85	*3,51*	— 0,28

	Zersetzte od. geb. CO^2 pro 100 C. Q. u. 1 Std. berechnet. C. C.	Hinter Wasser zersetzte CO^2 = 100.
Wasser	5,37	100,0
Chrs. Kali . . .	4,83	89,9
Cuoammon. . .	0,49	9,1
Dunkel	*3,66*	*17,2*

3. Versuch. 19. Juni.

Blätter von Prunus laurocerasus à 31 C. Q. Fläche und 1,1 C. C. Volumen wurden von 9 Uhr 10″ bis 12 Uhr 10″ Morgens exponirt. Fast ununterbrochener Sonnenschein; die Apparate waren mit Papierschirmen beschattet. Temperatur in der Sonne 25—26 C.

	Vor Exposition.	Nach Exposition.		
	G. Vol. = CO^2 + Luft.	G. Vol. = CO^2 + Luft.	V. 34 C. Q. in 1 Std. zersetzte o. geb. CO^2	Differenz der Volumina.
	C. C.	C. C.	C. C.	C. C.
Wasser . .	73,53 = 6,15 + 67,38	73,43 = 0,05 + 73,38	6,10	— 0,10
Chrs. Kali .	75,44 = 6,43 + 69,01	75,35 = 1,12 + 74,23	5,31	— 0,09
Cuoammon .	75,87 = 6,28 + 69,59	75,31 = 5,87 + 69,44	0,41	— 0,56
Dunkel . .	75,85 = 6,15 + 69,70	75,46 = 7,17 + 68,29	*1,05*	— 0,39

	Zersetzte od. geb. CO^2 pro 100 C. Q. u. 1 Std. berechnet. C. C.	Hinter Wasser zersetzte $CO^2 = 100$.
Wasser	6,56	100,0
Chrs. Kali . . .	5,71	87,0
Cuoammon . . .	0,47	7,2
Dunkel	*1,34*	*17,2*

4. Versuch. 21. Juni.

Mit Blättern von Prunus laurocerasus à 27 C. Q. Fläche und 1,0 C. C. Volumen. Expositionszeit und Wetter ganz wie im vorigen Versuch. Temperatur in der Sonne 24—27 C.

	Vor Exposition. G. Vol. = CO^2 + Luft. C. C.	Nach Exposition. G. Vol. = CO^2 + Luft. C. C.	V. 27 C. Q. in 3 Std. zersetzte o. geb. CO^2 C. C.	Differenz der Volumina. C. C.
Wasser . .	73,11 = 7,39 + 65,72	73,44 = 0,87 + 72,57	6,52	+ 0,33
Chrs. Kali .	73,04 = 7,00 + 66,04	73,26 = 1,10 + 72,16	5,90	+ 0,22
Cuoammon .	74,03 = 7,77 + 66,26	74,26 = 7,45 + 66,81	0,32	+ 0,23
Dunkel . .	75,15 = 7,26 + 67,89	75,19 = 7,98 + 67,21	*0,72*	+ 0,04

	Zersetzte od. geb. CO^2 pro 100 C. Q. u. 1 Std. berechnet. C. C.	Hinter Wasser zersetzte $CO^2 = 100$.
Wasser	8,05	100,0
Chrs. Kali . . .	7,28	90,5
Cuoammon . . .	0,39	4,9
Dunkel	*0,89*	*11,0*

5. Versuch. 22. Juni.

Blätter von Prunus laurocerasus à 26 C. Q. Fläche und 1,0 C. C. Volumen. Hinter Wasser, chromsaurem Kali und im Dunkeln waren die Blätter 3 Stunden, von 9 Uhr bis 12 Uhr Morgens, hinter Kupferoxydammoniak 8 Stunden, von 6 Uhr Morgens bis 2 Uhr Mittags exponirt. Während der ganzen Versuchszeit war ganz wolkenloser Himmel; die direkten Sonnenstrahlen wurden von den Apparaten durch transparente Papierschirme abgehalten. Thermometer hinter dem Schirm 24—28 C.

	Vor Exposition.	Nach Exposition.		
	G. Vol. = CO^2 + Luft.	G. Vol. = CO^2 + Luft.	V. 26 C. Q. in 3 resp. 8 Std. zers. o. geb. CO^2	Differenz der Volumina.
	C. C.	C. C.	C. C.	C. C.
Wasser . .	74,69 = 7,74 + 66,95	74,36 = 1,93 + 72,43	5,81	— 0,33
Chrs. Kali .	74,69 = 6,73 + 67,96	74,51 = 1,17 + 73,34	5,56	— 0,18
Cuoammon .	73,49 = 7,47 + 66,02	73,27 = 6,55 + 66,72	0,92	— 0,22
Dunkel . .	73,60 = 5,85 + 67,75	73,28 = 6,43 + 66,85	*0,58*	— 0,32

	Zersetzte od. geb. CO^2 pro 100 C. Q. u. 1 Std. berechnet.	Hinter Wasser zersetzte CO^2 = 100.
	C. C.	
Wasser	7,45	100,0
Chrs. Kali . . .	7,13	95,7
Cuoammon . . .	0,44	5,9
Dunkel	*0,74*	*10,0*

6. Versuch. 24. Juni.

Die zu diesen Versuchen bestimmten Blätter von Prunus laurocerasus wurden bereits Abends zuvor abgepflückt und mit dem Stiel in Wasser gestellt. Drei Blätter standen frei an einem Ostfenster und erhielten von Sonnenaufgang bis zum Beginn der Versuche direkte Sonne, das vierte, gleichfalls an einem Ostfenster stehende Blatt, empfing hingegen bis zum Beginn des Versuches nur Licht, welches eine concentrirte Lösung von Kupferoxydammoniak passirt hatte. Dieses Blatt, sowie auch eines der zuvor an direkter Sonne insolirten Blätter wurden unter mit Kupferoxydammoniak gefüllten Glocken 4 Stunden, von 8 Uhr 25″ bis 12 Uhr 25″ Morgens exponirt, von den anderen zwei Blättern hingegen blieb jedes nur 3 Stunden, von 9 Uhr 20 Minuten bis 12 Uhr 20 Minuten, hinter Wasser und chromsaurem Kali stehen. Jedes der Blätter hatte 28 C. Q. Fläche und verdrängte 1,1 C. C. Wasser. Der Himmel war meist mit weissen Wolken bedeckt; die Apparate wurden nicht mit Schirmen beschattet. Thermometer 23—27 C.

	Vor Exposition.	Nach Exposition.		
	G. Vol. = CO^2 + Luft.	G. Vol. = CO^2 + Luft.	V. 28 C. Q. in 3, resp. 4 Std. zersetzte CO^2	Differenz der Volumina.
	C. C.	C. C.	C. C.	C. C.
Wasser . .	72,02 = 7,90 + 64,12	71,66 = 3,37 + 68,29	4,53	— 0,36
Chrs. Kali .	72,06 = 8,42 + 63,94	71,85 = 4,32 + 67,53	3,80	— 0,21
Cuoammon I*	71,79 = 6,36 + 65,43	71,54 = 5,83 + 65,71	0,53	— 0,25
Cuoamm. II*	71,42 = 5,38 + 66,04	71,26 = 4,93 + 66,33	0,45	— 0,16

	Zersetzte CO^2 pro 100 C. Q. u. 1 Std. berechnet. C. C.	Hinter Wasser zersetzte CO^2 = 100.
Wasser	5,27	100,0
Chrs. Kali . . .	4,52	83,9
Cuoammon I* .	0,47	9,0
Cuoammon II* .	0,40	7,6

*) Bei dem mit Cuoammon I bezeichneten Versuche empfing das Blatt zuvor die direkte Morgensonne, während in dem mit Cuoammon II bezeichneten Versuche das Blatt bis zum Beginn des Versuches hinter Lösung von Kupferoxydammoniak verweilte.

7. Versuch. 1. Juli.

Die in diesem Versuche angewandten Blätter von Prunus laurocerasus stammten von Zweigen, welche am 23. Juni Mittags abgepflückt und in Wasser gestellt worden waren. Einer dieser Zweige, von denen jeder 6 bis 8 Blätter trug, blieb frei an einem Südfenster stehen, von den beiden anderen erhielt der eine nur Licht, welches eine Lösung doppelt chromsaures Kali, der andere nur solches, welches Kupferoxydammoniak passirt hatte. Zu dem Zwecke waren diese Zweige in grosse Blechkasten gestellt, deren dem Fenster zugewandte Seite durch ein doppelwandiges, zur Aufnahme der genannten Lösungen bestimmtes Glasgefäss gebildet war. Erst beim Beginn des Versuches wurden Blätter abgepflückt und die am Licht gestandenen hinter Wassser, die hinter chromsaurem Kali und Kupferoxydammoniak gebliebenen hinter den gleichen Lösungen exponirt. Das dem weissen Licht ausgesetzte Blatt hatte 26 C. Q., die beiden anderen Blätter 25 C. Q. Oberfläche; jedes der drei Blätter verdrängte 1,0 C. C. Wasser. Unter den mit Wasser und chromsaurem Kali gefüllten Glocken blieben die Blätter 4 Stunden, von 9 Uhr bis 1 Uhr, hinter Kupferoxydammoniak aber 5 Stunden, von 9 Uhr bis 2 Uhr Morgens, exponirt. Sonnenschein und von weissen Wolken reflektirtes Licht wechselte während der Dauer der Versuche; die Apparate wurden nicht durch Papierschirme beschattet. Das Thermometer zeigte zwischen 21—26 C.

	Vor Exposition.	Nach Exposition.		
	G. Vol. = CO^2 + Luft.	G. Vol. = CO^2 + Luft.	V. 25 od. 26 C. Q. in 4, resp. 5 St. zers. CO^2	Differenz der Volumina.
	C. C.	C. C.	C. C.	C. C.
Wasser . .	72,80 = 6,71 + 66,09	72,93 = 1,30 + 71,63	5,41	+ 0,13
Chrs. Kali .	71,70 = 6,14 + 65,56	71,64 = 1,75 + 69,89	4,39	— 0,06
Cuoammon .	71,87 = 6,48 + 65,39	71,53 = 5,82 + 65,71	0,66	- 0,34

	Zersetze CO^2 pro 100 C. Q. u. 1 Std. berechnet. C. C.	Hinter Wasser zersetzte CO^2 = 100.
Wasser	5,20	100,0
Chrs. Kali . . .	4,39	84,4
Cuoammon . . .	0,53	10,1

8. Versuch. 2. Juli.

Mit Blättern von Nerium Oleander à 21 C. Q. Fläche und 0,9 C. C. Volumen. Exponirt wurde 3 Stunden, von 9 Uhr 50″ bis 12 Uhr 50″, während welcher Zeit Sonnenschein und bewölkter Himmel oft wechselte. Das Thermometer schwankte zwischen 19 und 24 C.

	Vor Exposition.	Nach Exposition.		
	G. Vol. = CO^2 + Luft.	G. Vol. = CO^2 + Luft.	V. 21 C. Q. in 3 Std. zersetzte CO^2	Differenz der Volumina.
	C. C.	C. C.	C. C.	C. C.
Wasser . .	72,10 = 6,57 + 65,53	72,17 = 2,49 + 69,68	4,08	+ 0,07
Chrs. Kali .	74,08 = 7,87 + 66,21	74,21 = 4,64 + 69,57	3,23	+ 0,13
Cuoammon .	73,56 = 7,56 + 66,00	73,69 = 7,32 + 66,37	0,24	+ 0 13

	Zersetzte CO^2 pro 100 C. Q. und 1 Std. berechnet. C. C.	Hinter Wasser zersetzte CO^2 = 100.
Wasser	6,47	100,0
Chrs. Kali . . .	5,13	79,2
Cuoammon . . .	0,38	5,9

9. Versuch. 4. Juli.

Blätter von Senecio nemorensis à 21 C. Q. Fläche und 0,5 C. C. Volumen wurden 5 Stunden, von 9 Uhr 10″ bis 2 Uhr 10″ exponirt. Während

der Versuchsdauer war der Himmel mit weissen Wolken bedeckt, übrigens ziemlich helles Wetter. Das Thermometer zeigte 19 bis 21 C.

	Vor Exposition.	Nach Exposition.		
	G. Vol. = CO^2 + Luft.	G. Vol. = CO^2 + Luft.	V. 21 C. Q. in 5 Std. zersetzte CO^2	Differenz der Volumina.
	C. C.	C. C.	C. C.	C. C.
Wasser . .	73,22 = 6,94 + 66,28	73,32 = 1,86 + 71,46	5,08	+ 0,10
Chrs. Kali .	73,09 = 7,05 + 66,14	73,12 = 2,56 + 70,56	4,49	+ 0,03
Cuoammon .	73,47 = 6,66 + 66,81	73,31 = 6,39 + 66,92	0,23	— 0,16

	Zersetzte CO^2 pro 100 C. Q. u. 1 Std. berechnet. C. C.	Hinter Wasser zersetzte CO^2 = 100.
Wasser	4,84	100,0
Chrs. Kali . . .	4,28	88,4
Cuoammon . . .	0,22	4,5

10. Versuch. 5. Juli.

Mit Blättern von Convallaria latifolia à 22,5 C. Q. Fläche und 0,5 C. C. Volumen. Exponirt wurde 5 Stunden, von 9 Uhr 45″ bis 2 Uhr 45″, während welcher Zeit der Himmel fast fortwährend bewölkt war und nur selten Sonnenstrahlen durchbrachen. Thermometer 20 bis 24 C.

	Vor Exposition.	Nach Exposition.		
	G. Vol. = CO^2 + Luft.	G. Vol. = CO^2 + Luft.	V. 22,5 C. Q. in 5 Std. zersetzte CO^2.	Differenz der Volumina.
	C. C.	C. C.	C. C.	C. C.
Wasser . .	73,83 = 7,78 + 66,05	73,87 = 3,26 + 70,61	4,52	+ 0,04
Chrs. Kali .	74,26 = 7,74 + 66,55	74,22 = 3,25 + 70,97	4,46	— 0,04
Cuoammon .	74,32 = 7,58 + 66,74	74,12 = 7,13 + 66,99	0,45	— 0,20

	Zersetzte CO^2 pro 100 C. Q. u. 1 Std. berechnet. C. C.	Hinter Wasser zersetzte CO^2 = 100.
Wasser	4,02	100,0
Chrs. Kali . . .	3,96	98,7
Cuoammon . . .	0,40	9,9

Zweite Versuchsreihe.

Die in dieser Reihe neben Wasser gebrauchten Flüssigkeiten sind ammoniakalische Lösung von Orsellin und alkoholische Lösungen von Anilinviolett und Anilinroth.

11. Versuch. 7. Juli.

Blätter von Prunus laurocerasus à 25 C. Q. Fläche und 0,9 C. C. Volumen wurden während 4 Stunden, von 9 Uhr bis 1 Uhr exponirt. Durch weisse und graue Wolken, welche den Himmel bedeckten, brach die Sonne nur dann und wann während dieser Zeit; das Thermometer zeigte 22—26 C.

	Vor Exposition.	Nach Exposition.		
	G. Vol. = CO^2 + Luft.	G. Vol. = CO^2 + Luft.	V. 25 C. Q. in 4 Std. zersetzte CO^2.	Differenz der Volumina.
	C. C.	C. C.	C. C.	C. C.
Wasser . .	73,12 = 7,87 + 65,25	73,15 = 3,60 + 69,55	4,27	+ 0,03
Orsellin . .	72,38 = 7,71 + 64,67	72,41 = 5,03 + 67,38	2,68	+ 0,03
Anilinviolett	72,60 = 7,36 + 65,24	72,59 = 5,66 + 66,93	1,70	— 0,01
Anilinroth .	72,52 = 7,71 + 64,81	72,36 = 6,64 + 65,72	1,07	— 0,16

	Zersetzte CO^2 pro 100 C. Q. in 1 Std. berechnet. C. C.	Hinter Wasser zersetzte CO^2 = 100.
Wasser	4,27	100,0
Orsellin	2,68	62,8
Anilinviolett . .	1,70	39,8
Anilinroth . . .	1,07	25,1

12. Versuch. 8. Juli.

Prunus laurocerasus Blätter von 29 C. Q. Fläche und 1,0 C. C. Volumen wurden 3 Stunden, von 9 Uhr 15″ bis 12 Uhr 15″ exponirt. Die Sonne schien ohne Unterbrechung: die Apparate waren mit Papierschirmen gedeckt. Thermometer 28 bis 31 C.

	Vor Exposition.	Nach Exposition.		
	G. Vol. = CO^2 + Luft.	G. Vol. = CO^2 + Luft.	V. 29 C. Q. in 3 Std. zersetzte CO^2.	Differenz der Volumina.
	C. C.	C. C.	C. C.	C. C.
Wasser . .	71,68 = 7,56 + 64,12	71,68 = 3,14 + 68,54	4,42	0,00
Orsellin . .	72,66 = 8,60 + 64,06	72,52 = 6,42 + 66,10	2,18	— 0,14
Anilinviolett	70,42 = 6,00 + 64,42	70,41 = 4,52 + 65,89	1,48	— 0,01
Anilinroth .	71,22 = 6,82 + 64,40	71,15 = 5,63 + 65,52	1,19	— 0,07

	Zersetzte CO^2 pro 100 C. Q. und 1 Std. berechnet. C. C.	Hinter Wasser zersetzte CO^2 = 100.
Wasser	5,08	100,0
Orsellin	2,51	49,3
Anilinviolett . .	1,70	33,5
Anilinroth . . .	1,43	26,9

13. Versuch. 10. Juli.

Die angewandten Blätter von Prunus laurocerasus wurden à 19 C. Q. Fläche und 0,8 C. C. Volumen gefunden. Während der dreistündigen Expositionszeit, von 9 Uhr 30″ bis 12 Uhr 30″, schien die Sonne ununterbrochen und waren die Apparate mit Papierschirmen bedeckt. Thermometer 26—30 C.

	Vor Exposition.	Nach Exposition.		
	G. Vol. = CO^2 + Luft.	G. Vol. = CO^2 + Luft.	V. 19 C. Q. in 3 Std. zersetzte CO^2.	Differenz der Volumina.
	C. C.	C. C.	C. C.	C. C.
Wasser . .	70,94 = 8,43 + 62,51	70,91 = 4,60 + 66,31	3,83	— 0,03
Orsellin . .	70,33 = 7,58 + 62,75	70,19 = 5,58 + 64,61	2,00	— 0,14
Anilinviolett	70,20 = 7,82 + 62,38	70,05 = 6,14 + 63,91	1,68	— 0,15
Anilinroth .	71,17 = 7,80 + 63,37	71,04 = 6,33 + 64,71	1,47	— 0,13

	Zersetzte CO^2 pro 100 C. Q. und 1 Std. berechnet. C. C.	Hinter Wasser zersetzte CO^2 = 100.
Wasser	6,72	100,0
Orsellin	3,51	52,2
Anilinviolett . .	2,95	43,9
Anilinroth . . .	2,58	38,4

14. Versuch. 11. Juli.

Mit Blättern von Prunus laurocerasus à 25 C. Q. Fläche und 0,9 C. C. Volumen. Exponirt wurde von 9 Uhr 20″ bis 12 Uhr 20″, während welcher Zeit das Sonnenlicht nur dann und wann von weissen Wolken gedämpft wurde und die Apparate mit Schirmen gedeckt waren. Thermometer 25—30 C.

	Vor Exposition.	Nach Exposition.		
	G. Vol. = CO^2 + Luft.	G. Vol. = CO^2 + Luft.	V. 25 C. Q. in 3 Std. zersetzte CO^2.	Differenz der Volumina.
	C. C.	C. C.	C. C.	C. C.
Wasser . .	70,39 = 7,43 + 62,96	70,20 = 2,48 + 67,72	4,95	— 0,19
Orsellin . .	69,37 = 7,26 + 62,11	69,19 = 4,59 + 64,60	2,67	— 0,18
Anilinviolett	70,21 = 8,23 + 61,98	69,98 = 5,91 + 64,07	2,32	— 0,23
Anilinroth .	70,24 = 7,48 + 62,76	70,12 = 5,71 + 64,41	1,77	— 0,12

	Zersetzte CO^2 pro 100 C. Q. und 1 Std. berechnet. C. C.	Hinter Wasser zersetzte CO^2 = 100.
Wasser	6,60	100,0
Orsellin	3,56	53,9
Anilinviolett . .	3,09	46,9
Anilinroth . . .	2,36	35,8

15. Versuch. 12. Juli.

Prunus laurocerasus Blätter, deren Fläche à 20 C. Q. und deren Volumen 1,0 C. C. wurden während 5 Stunden, von 9 Uhr 5″ bis 2 Uhr 5″ exponirt. Während dieser Zeit schien die Sonne theilweise, theilweise war sie mit weissen Wolken bedeckt; vor den Apparaten waren Papierschirme angebracht. Das Thermometer zeigte 26—29 C.

	Vor Exposition.	Nach Exposition.		
	G. Vol. = CO^2 + Luft.	G. Vol. = CO^2 + Luft.	V. 20 C. Q. in 5 Std. zersetzte CO^2.	Differenz der Volumina.
	C. C.	C. C.	C. C.	C. C.
Wasser . .	69,67 = 7,98 + 61,69	69,50 = 2,61 + 66,89	5,37	— 0,17
Orsellin . .	69,26 = 7,50 + 61,76	69,07 = 4,22 + 64,85	3,28	— 0,19
Anilinviolett	69,97 = 7,32 + 62,65	70,00 = 5,03 + 64,97	2,29	+ 0,03
Anilinroth .	68,41 = 7,23 + 61,18	68,41 = 5,33 + 63,08	1,90	0,00

	Zersetzte CO^2 pro 100 C. Q. und 1 Std. berechnet. C. C.	Hinter Wasser zersetzte CO^2 = 100.
Wasser	5,37	100,0
Orsellin	3,28	61,1
Anilinviolett . .	2,29	42,6
Anilinroth . . .	1,90	35,4

16. Versuch. 14. Juli.

Die Versuchsblätter von Prunus laurocerasus wurden à 22 C. Q. Fläche und 0,9 C. C. Volumen gefunden. Der Himmel war während der fünfstündigen Versuchsdauer, von 9 Uhr 30″ bis 2 Uhr 30″, mit weissen Wolken bedeckt, durch welche stellenweise die Sonne durchbrach. Thermometer 24 bis 30 C.

	Vor Exposition.	Nach Exposition.		
	G. Vol. = CO^2 + Luft. C. C.	G. Vol. = CO^2 + Luft. C. C.	V. 22 C. Q. in 5 Std. zersetzte CO^2. C. C.	Differenz der Volumina. C. C.
Wasser . .	71,80 = 7,77 + 64,03	71,53 = 1,45 + 70,08	6,32	— 0,27
Orsellin . .	71,42 = 7,23 + 64,19	71,34 = 3,56 + 67,78	3,67	— 0,08
Anilinviolett	71,12 = 6,99 + 64,13	71,03 = 4,33 + 66,70	2,66	— 0,09
Anilinroth .	70,61 = 7,07 + 63,54	70,44 = 4,74 + 65,70	2,33	— 0,17

	Zersetzte CO^2 pro 100 C. Q. und 1 Std. berechnet. C. C.	Hinter Wasser zersetzte CO^2 = 100.
Wasser	5,74	100,0
Orsellin	3,34	58,1
Anilinviolett . .	2,42	42,1
Anilinroth . . .	2,12	36,9

17. Versuch. 15. Juli.

Nerium Oleander Blätter von 22 C. Q. Fläche und 0,9 C. C. Volumen wurden von 9 Uhr bis 1 Uhr exponirt. Sonnenschein und von weissen Wolken bedeckter Himmel während der Versuchsdauer. Thermometer 24—28 C.

	Vor Exposition.	Nach Exposition.		
	G. Vol. = CO^2 + Luft.	G. Vol. = CO^2 + Luft.	V. 22 C. Q. in 4 Std. zersetzte CO^2.	Differenz der Volumina.
	C. C.	C. C.	C. C.	C. C.
Wasser . .	71,45 = 7,60 + 63,85	71,41 = 1,05 + 70,36	6,55	— 0,04
Orsellin . .	71,30 = 8,02 + 63,28	71,24 = 4,66 + 66,58	3,36	— 0,06
Anilinviolett	71,62 = 7,41 + 64,21	71,55 = 4,90 + 66,65	2,51	— 0,07
Anilinroth .	71,06 = 7,54 + 63,52	70,93 = 5,23 + 65,70	2,31	— 0,13

	Zersetzte CO^2 pro 100 C. Q. und 1 Std. berechnet. C. C.	Hinter Wasser zersetzte CO^2 = 100.
Wasser	7,44	100,0
Orsellin	3,82	51,3
Anilinviolett . .	2,85	38,3
Anilinroth . . .	2,62	35,3

18. Versuch. 20. Juli.

Oleanderblätter von 22 C. Q. Fläche und 1,0 C. C. Volumen wurden von 8 Uhr 30″ bis 11 Uhr 30″ exponirt. Die Sonne war während der Versuchszeit nur selten durch weisse Wolken verschleiert, die Apparate wurden durch Papierschirme beschattet. Thermometer 26—30 C.

	Vor Exposition.	Nach Exposition.		
	G. Vol. = CO^2 + Luft.	G. Vol. = CO^2 + Luft.	V. 22 C. Q. in 3 Std. zersetzte CO^2.	Differenz der Volumina.
	C. C.	C. C.	C. C.	C. C.
Wasser . .	73,09 = 8,10 + 64,99	73,13 = 0,32 + 72,81	7,78	+ 0,04
Orsellin . .	72,40 = 7,89 + 64,51	72,47 = 3,98 + 68,49	3,91	+ 0,07
Anilinviolett	72,43 = 7,23 + 65,20	72,36 = 4,49 + 67,87	2,74	— 0,07
Anilinroth .	72,35 = 7,76 + 64,59	72,29 = 5,41 + 66,88	2,35	— 0,06

	Zersetzte CO^2 pro 100 C. Q. und 1 Std. berechnet. C. C.	Hinter Wasser zersetzte CO^2 = 100.
Wasser	11,79	100,0
Orsellin	5,92	50,3
Anilinviolett . .	4,15	35,2
Anilinroth . . .	3,56	30,2

19. Versuch. 21. Juli.

Die zum Versuche ausgewählten Oleanderblätter massen 21 C. Q. in der Fläche und verdrängten 1 0 C. C. Wasser. Während der dreistündigen Versuchsdauer von 9 Uhr bis 12 Uhr war der Himmel fast fortwährend von weissen Wolken bedeckt, nur selten brach einmal für Augenblicke die Sonne durch. Thermometer 24 bis 27 C.

	Vor Exposition.	Nach Exposition.		
	G. Vol. = CO^2 + Luft.	G. Vol. = CO^2 + Luft.	V. 21 C. Q. in 3 Std. zersetzte CO^2.	Differenz der Volumina.
	C. C.	C. C.	C. C.	C. C.
Wasser . .	72,31 = 7,29 + 65,02	72,05 = 2,62 + 69,43	4,67	— 0,26
Orsellin . .	71,83 = 8,15 + 63,68	71,45 = 5,91 + 65,54	2,24	— 0,38
Anilinviolett	71,59 = 7,44 + 64,15	71,45 = 5,74 + 65,71	1,70	— 0,14
Anilinroth .	71,90 = 7,70 + 64,20	71,53 = 6,41 + 65,12	1,29	— 0,37

	Zersetzte CO^2 pro 100 C. Q. und 1 Std. berechnet. C. C.	Hinter Wasser zersetzte CO^2 = 100.
Wasser	7,41	100,0
Orsellin	3,55	48,0
Anilinviolett . .	2,70	36,4
Anilinroth . . .	2,05	27,6

20. Versuch. 22. Juli.

Blätter von Tinnantia undata von 18 C. Q. Fläche und 0,7 C. C Volumen wurden von 9 Uhr bis 1 Uhr exponirt. Der Himmel war während der Versuchszeit von grauen und weissen Wolken bedeckt, durch welche dann und wann Sonne durchbrach. Thermometer 23 bis 27 C.

	Vor Exposition.	Nach Exposition.		
	G. Vol. = CO^2 + Luft.	G. Vol. = CO^2 + Luft.	V. 18 C. Q. in 4 Std. zersetzte CO^2.	Differenz der Volumina.
	C. C.	C. C.	C. C.	C. C.
Wasser . .	72,93 = 8,19 + 64,74	73,05 = 2,70 + 70,35	5,49	+ 0,12
Orsellin . .	71,63 = 7,67 + 63,96	71,63 = 4,82 + 66,81	2,85	0,00
Anilinviolett	72,48 = 8,06 + 64,42	72,44 = 6,40 + 66,04	1,66	— 0,04
Anilinroth .	71,88 = 7,63 + 64,25	71,83 = 5,99 + 65,84	1,64	— 0,05

	Zersetzte CO^2 pro 100 C. Q. und 1 Std. berechnet. C. C.	Hinter Wasser zersetzte CO^2 = 100.
Wasser	7,62	100,0
Orsellin	3,96	51,9
Anilinviolett . .	2,31	30,4
Anilinroth . . .	2,28	29,9

Die beiden folgenden Versuche sind in die Mittelzahlen nicht aufgenommen, doch führe ich dieselben hier auf, um alle angestellten Versuche wiederzugeben und mich nicht dem Vorwurf auszusetzen, eine passende Auswahl unter den gewonnenen Zahlen getroffen zu haben. Beim 21. Versuch ist hinter dem Anilinroth excessiv viel CO^2 zersetzt worden, die übrigen Werthe stimmen aber recht gut mit den sonst für die betreffenden Medien gewonnenen Zahlen. Beim 21. Versuch war hinter Wasser alle Kohlensäure zersetzt, berechnet man aber z. B. nach der für Orsellin aus 10 Versuchen gewonnenen Mittelzahl, wie es unten geschehen ist, die procentischen Mengen von Kohlensäure, welche hinter Anilinviolett und Anilinroth zersetzt wurden, so ergeben sich auch hier Werthe, welche innerhalb der Amplitude der sonst für diese Medien gefundenen Zahlen zu liegen kommen. Es wäre also allein der für Anilinroth beim Versuch 21 gefundene Werth, welcher fehlerhaft, offenbar viel zu hoch, ausgefallen ist; eine Ursache hierfür vermag ich nicht anzugeben.

21. Versuch. 6. Juli.

Blätter von Prunus laurocerasus à 24 C. Q. und 1,0 C. C. Volumen wurden von 9 Uhr 15″ bis 12 Uhr 15″ exponirt. Während des dauernden Sonnenscheins waren die Apparate mit Papierschirmen beschattet. Thermometer 24 bis 28 C.

	Vor Exposition.	Nach Exposition.		
	G. Vol. = CO^2 + Luft. C. C.	G. Vol. = CO^2 + Luft. C. C.	V. 24 C. Q. in 3 Std. zersetzte CO^2. C. C.	Differenz der Volumina. C. C.
Wasser . .	73,21 = 7,34 + 65,87	73,12 = 2,29 + 70,83	5,05	— 0,09
Orsellin . .	72,23 = 6,99 + 65,24	72,08 = 4,02 + 68,06	2,97	— 0,15
Anilinviolett	72,70 = 7,37 + 65,33	72,67 = 5,28 + 67,39	2,09	— 0,03
Anilinroth .	71,91 = 7,02 + 64,89	71,77 = 4,09 + 67,68	2,93	— 0,14

	Zersetzte CO^2 pro 100 C. Q. und 1 Std. berechnet. C. C.	Hinter Wasser zersetzte CO^2 = 100.
Wasser	7,01	100,0
Orsellin	4,12	58,2
Anilinviolett . .	2,90	41,4
Anilinroth . . .	4,07	58,0

22. Versuch. 19. Juli.

Die verwandten Oleanderblätter wurden zu 23 C. Q. Fläche und 1,0 C. C. Volumen gefunden. Während der Versuchszeit, von 9 Uhr bis 1 Uhr, war die Sonne nur selten durch weisse Wolken verschleiert, die Apparate waren mit Papierschirmen bedeckt. Temperatur 25—29 C.

	Vor Exposition.	Nach Exposition.		
	G. Vol. = CO^2 + Luft. C. C.	G. Vol. = CO^2 + Luft. C. C.	V. 23 C. Q. in 4 Std. zersetzte CO^2. C. C.	Differenz der Volumina. C. C.
Wasser . .	72,43 = 8,18 + 64,25	72,10 = 0 + 72,12*	?	— 0,33
Orsellin . .	72,81 = 8,10 + 64,71	72,67 = 1,47 + 71,20	6,63	— 0,14
Anilinviolett	72,12 = 7,62 + 64,50	71,73 = 3,99 + 67,74	3,63	— 0,39
Anilinroth .	72,49 = 7,66 + 64,83	72,23 = 4,29 + 67,94	3,37	— 0,26

	Zersetzte CO^2 pro 100 C. Q. und 1 Std. berechnet. C. C.	Hinter Orsellin zersetzte CO^2 = 53,9.
Wasser	?	?
Orsellin	7,21	53,9
Anilinviolett . .	3,94	29,5
Anilinroth . . .	3,66	27,4

*) Diese Zahl berechnete sich aus den Ablesungen nach Zusatz von Kalilauge.

Dritte Versuchsreihe.

Die hier in Anwendung gekommene Lösung von Jod in Schwefelkohlenstoff war so concentrirt, dass auch in direkter Sonne kein sichtbares Licht durchdrang. Die Chlorophylllösung wurde, wie schon früher angegeben, nach den beiden ersten Versuchen durch neue, übrigens ganz gleiche Lösung ersetzt. Im letzten, 27. Versuch, ist aber eine Lösung angewandt, welche an der Sonne bereits eine bräunliche Farbe angenommen hatte.

23. Versuch. 28. Juli.

Blätter von Nerium Oleander à 23 C. Q. Fläche und 1,0 C. C. Volumen wurden von 9 Uhr 45″ bis 12 Uhr 45″ exponirt. Während dieser Zeit war die Sonne nur stellenweisse durch weisse Wolken leicht verschleiert; die Apparate waren mit Papierschirmen bedeckt. Thermometer 25 bis 29 C.

	Vor Exposition.	Nach Exposition.		
	G. Vol. = CO^2 + Luft.	G. Vol. = CO^2 + Luft.	V. 23 C. Q. in 3 Std. zersetzte o. geb. CO^2	Differenz der Volumina.
	C. C.	C. C.	C. C.	C. C.
Wasser . .	71,04 = 8,33 + 62,71	71,13 = 1,28 + 69,85	7,05	+ 0,09
Chlorophyll	70,67 = 7,84 + 62,83	70,46 = 6,54 + 63,92	1,30	— 0,21
Jodlösung .	70,61 = 7,53 + 63,08	70,45 = 8,69 + 61,76	*1,16*	— 0,16

	Zersetzte od. geb. CO^2 pro 100 C. Q. u. 1 Std. berechnet. C. C.	Hinter Wasser zersetzte CO^2 = 100.
Wasser	10,22	100,0
Chlorophyll . .	1,88	19,9
Jodlösung . . .	*1,68*	*16,4*

24. Versuch. 29. Juli.

Oleanderblätter von 18 C. Q. Oberfläche und 0,9 C. C. Volumen wurden von 9 Uhr 45″ bis 1 Uhr 45″ exponirt. Der Himmel war mit weissen Wolken bedeckt, durch welche die Sonne dann und wann durchbrach. Thermometer 22 bis 25 C.

	Vor Exposition.	Nach Exposition.		
	G. Vol. = CO^2 + Luft.	G. Vol. = CO^2 + Luft.	V. 18 C. Q. in 4 Std. zersetzte o. geb. CO^2	Differenz der Volumina.
	C. C.	C. C.	C. C.	C. C.
Wasser . .	71,44 = 8,12 + 63,32	71,42 = 3,08 + 68,34	5,04	— 0,02
Chlorophyll	70,84 = 7,11 + 63,73	70,92 = 6,58 + 64,34	0,53	+ 0,08
Jodlösung .	70,76 = 6,00 + 64,76	70,71 = 6,56 + 64,15	*0,56*	— 0,05

	Zersetzte od. geb. CO^2 pro 100 C. Q. u. 1 Std. berechnet. C. C.	Hinter Wasser zersetzte CO^2 = 100.
Wasser	7,00	100,0
Chlorophyll . .	0,74	10,5
Jodlösung . . .	*0,79*	*11,1*

25. Versuch. 30. Juli.

Die hier angewandten Oleanderblätter hatten 19 C. Q. Oberfläche und verdrängten 0,8 C. C. Wasser. Während der Versuchszeit von 9 Uhr 30″ bis 1 Uhr 30″ war die Sonne theilweise durch weisse Wolken verschleiert. Thermometer 25 bis 28 C.

	Vor Exposition.	Nach Exposition.		
	G. Vol. = CO^2 + Luft. C. C.	G. Vol. = CO^2 + Luft. C. C.	V. 19 C. Q. in 4 Std. zersetzte o. geb. CO^2 C. C.	Differenz der Volumina. C. C.
Wasser . .	71,83 = 9,06 + 62,77	71,86 = 2,29 + 69,57	6,77	+ 0,03
Chlorophyll	70,98 = 7,07 + 63,91	70,99 = 6,27 + 64,72	0,80	+ 0,01
Jodlösung .	71,41 = 5,59 + 65,82	71,42 = 6,48 + 64,94	*0,89*	+ 0,01

	Zersetzte od. geb. CO^2 pro 100 C. Q. u. 1 Std. berechnet. C. C.	Hinter Wasser zersetzte CO^2 = 100.
Wasser	8,94	100,0
Chlorophyll . .	1,05	11,9
Jodlösung . . .	*1,17*	*13,1*

26. Versuch. 1. August.

Blätter von Prunus laurocerasus von 19 C. Q. Fläche und 0,7 C. C. Volumen wurden während $3^1/_2$ Stunden, von 9 Uhr 30″ bis 1 Uhr exponirt. Während des Versuches schien die Sonne ohne Unterbrechung und waren die Apparate mit Papierschirmen beschattet. Thermometer 25 bis 29 C.

	Vor Exposition.	Nach Exposition.		
	G. Vol. = CO^2 + Luft. C. C.	G. Vol. = CO^2 + Luft. C. C.	V. 19 C. Q. in $3^1/_2$ Std. zersetzte o. geb. CO^2 C. C.	Differenz der Volumina. C. C.
Wasser . .	72,55 = 8,89 + 63,66	72,56 = 2,91 + 69,65	5,98	+ 0,01
Chlorophyll	71,83 = 7,41 + 64,47	71,91 = 6,21 + 65,70	1,20	+ 0,03
Jodlösung .	71,52 = 6,35 + 65,17	71,49 = 7,31 + 64,18	*0,96*	− 0,03

	Zersetzte od. geb. CO^2 pro 100 C. Q. u. 1 Std. berechnet. C. C.	Hinter Wasser zersetzte CO^2 = 100.
Wasser	8,99	100,0
Chlorophyll . .	1,80	20,1
Jodlösung . . .	*1,44*	*16,0*

27. Versuch. 2. August.

Die angewandten Blätter von Prunus laurocerasus massen 20 C. Q. Fläche und verdrängten 0,7 C. C. Wasser. Exponirt wurde von 8 Uhr 50″ bis 12 Uhr 50″, während welcher Zeit die Sonne ohne Unterbrechung schien und die Apparate mit Schirmen bedeckt waren. Thermometer 26 bis 31 C. — Mit Jodlösung wurde hier kein Versuch mehr gemacht.

	Vor Exposition.	Nach Exposition.		
	G. Vol. = CO^2 + Luft. C. C.	G. Vol. = CO^2 + Luft. C. C.	V. 20 C. Q. in 4 Std. zersetzte CO^2. C. C.	Differenz der Volumina. C. C.
Wasser . .	72,07 = 8,23 + 63,84	72,04 = 1,95 + 70,09	6,28	— 0,03
Chlorophyll	72,32 = 7,67 + 64,65	72,28 = 6,59 + 65,69	1,08	— 0,04

	Zersetzte CO^2 pro 100 C. Q. u. 1 Std. berechnet. C. C.	Hinter Wasser zersetzte CO^2 = 100.
Wasser	7,85	100,0
Chlorophyll . .	1,35	17,2